GIOCHI CON IL 6502

Tecniche di programmazione avanzate

Rodnay Zaks

EDIZIONE ITALIANA

GRUPPO EDITORIALE JACKSON

SYBEX

GIOCHI CON IL 6502

Tecniche di programmazione avanzate

di
Rodnay
Zaks

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON
Via Rosellini, 12
20124 Milano
Tel. 680368 - 680054 - 68951/2/3/4/5

RINGRAZIAMENTI

L'autore desidera ringraziare Chris Williams ed Eric Novikoff per aver controllato tutti i programmi dei giochi e contribuito a numerosi miglioramenti.

L'autore è particolarmente grato ad Eric Novikoff per la sua assistenza in tutte le fasi di preparazione del manoscritto e per la meticolosa supervisione del testo finale.

Nota

SYM è un marchio registrato dalla Synertek Systems, Inc.
KIM è un marchio registrato della MOS Technology, Inc.
AIM65 è un marchio registrato della Rockwell International, Inc.
"COMPUTERCHERT" e "GAMES BOARD" sono marchi registrati dalla Sybex Inc.

Disegno di copertina di Daniela Le Noury
Illustrazioni tecniche di Guy S. Orcutt e J. Trujillo Smith.

Si è cercato per quanto possibile, di fornire informazioni complete e rigorose. In ogni caso la Sybex non si assume alcuna responsabilità per il loro impiego; nemmeno al riguardo di infrazioni di brevetti e di altri diritti di terze parti che ne potrebbero derivare. I costruttori di apparecchiature non rilasciano alcuna autorizzazione su apparecchiature protette da brevetto o diritti di brevetto e si riservano la facoltà di cambiare, in qualunque momento la disposizione circuitale senza alcun preavviso.

In particolare sono soggetti a frequente cambiamento le caratteristiche tecniche e i prezzi. I confronti e le valutazioni sono presenti solo per il loro valore educativo ed i loro principi informativi. Per le specifiche esatte si rimanda il lettore ai dati del costruttore.

Copyright per l'edizione originale SYBEX Inc. 1980
Copyright per l'edizione originale SYBEX Inc. 1982

Il Gruppo Editoriale Jackson ringrazia per il prezioso lavoro svolto nella stesura dell'edizione italiana la signora Francesca di Fiore, l'Ing. Sergio Zannoli e l'Ing. Roberto Pancaldi. Traduzione a cura di eds electronic data service - Bresso (MI).

Tutti i diritti sono riservati - Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta posta in sistemi di archiviazione, trasmessa in qualsiasi forma o mezzo, elettronico, meccanico, fotocopiatura etc. senza l'autorizzazione scritta dell'editore.

Stampato in Italia da
S.p.A. Alberto Matarelli - Milano
Stabilimento Grafico

PREFAZIONE

"Gli algoritmi complessi possono costituire un divertimento!"

Spesso i programmatori considerano programmare alla stregua di un gioco, anche se non sono disposti ad ammetterlo. Al limite la programmazione di un computer può essere considerata un gioco intelligente.

Un programma è la proiezione della propria intelligenza ed abilità, e la scrittura di programmi di giochi costituisce un ulteriore divertimento aggiuntivo. Compunque la maggior parte dei giochi interessanti sono notevolmente complessi da realizzare e richiedono artifici di programmazione specifici.

Questo libro vi insegnerà come programmare una gamma completa di giochi, da quelli passivi (Musica) a quelli strategici (Tic-Tac-Toe). Nel processo di apprendimento su come programmare questi giochi affinerete artifici sulle tecniche d'ingresso/uscita, quali timer ed interrupt. Impiegherete inoltre diverse strutture dati e migliorerete o svilupperete i vostri artifici di programmazione a livello assembly.

Questo libro è stato concepito come *testo educativo*. Dopo la sua lettura dovrete essere in grado di creare programmmi per altri giochi e di impiegare gli artifici di programmazione in altre applicazioni.

Se avete accesso ad una scheda microcomputer potete divertirvi sulla base dei risultati del vostro lavoro in tempi molto brevi. La lista dei programmi presentati in questo libro è relativa alla scheda SYM (della Synertek Systems), ma può essere adattata ad altri microcomputer basati sul 6502.

L'esecuzione di questi giochi richiederà una semplice ed economica "Scheda Giochi", che viene descritta al Capitolo 1. Per facilitare l'esecuzione del gioco è inoltre disponibile presso la Sybex nel formato SYM una "Cassetta Giochi".

I numerosi giochi studiati in questo libro comprendono: giochi musicali (MUSICA), giochi didattici (TRADUCI ed INDOVINA L'ESADECIMALE che vi insegneranno l'esadecimale), giochi che coinvolgono la logica (QUADRATI MAGICI), giochi di coordinazione (SPINNER), giochi di memoria (ECO), giochi di fortuna

(SLOT MACHINE), giochi di strategia (TIC-TAC-TOE) e giochi che coinvolgono diverse combinazioni di artifici (BLACKJACK).

Nella presentazione del programma di ciascun gioco viene seguito un formato comune che comprende:

1. Le regole del gioco.
2. Le istruzioni per eseguire un gioco tipico.
3. L'algoritmo o gli algoritmi (teoria del funzionamento).
4. Il programma: strutture dati, tecniche di programmazione, subroutine.

Nel corso del testo vengono inoltre suggerite variazioni ed esercizi.

In sostanza apprenderete dapprima come eseguire il gioco e successivamente come escogitare una possibile soluzione (l'algoritmo). Infine realizzerete l'implementazione reale di una versione programmata completa dell'algoritmo in linguaggio di livello assembly sul 6502, dedicando un'attenzione particolare alle strutture dati richiesti ed alle tecniche impiegate per una programmzione efficiente.

L'apprendimento della programmazione in linguaggio assembly è sempre stato tradizionalmente considerato come poco attraente e difficile. In realtà può essere divertente. Se avete familiarità con le tecniche elementari di programmazione, a livello del testo di riferimento - *Programmazione del 6502*, pure edito dal Gruppo Editoriale Jackson questo libro vi insegnerà le tecniche pratiche di programmazione in un contesto di gioco. Vengono integrati i concetti teorici analisi passo-passo dello sviluppo del programma. Le stesse tecniche e gli stessi concetti possono essere applicati a qualsiasi problema di programmazione, dal controllo industriale alle applicazioni commerciali.

Con l'augurio di un apprendimento della programmazione in modo altrettanto divertente quanto l'esecuzione dei giochi, vi chiedo di scriverci se avete inventato, sviluppato e se conoscete altri giochi che potrebbero essere inclusi in un libro di giochi.

RODNAY ZAKS

SOMMARIO

PREFAZIONE ..... **III**

CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE **1**

La Scheda Giochi.

CAPITOLO 2 - GIOCO MUSICALE **21**

Esegue una sequenza massima di 255 note (13 note diverse e le registra automaticamente.

CAPITOLO 3 - TRADUCI **43**

Il computer visualizza un numero binario. A turno, ogni giocatore deve premere più velocemente possibile l'equivalente esadecimale. Colui che arriva prima a 10 vince. Previsto per due giocatori.

CAPITOLO 4 - INDOVINA L'ESADECIMALE **63**

Occorre indovinare un numero esadecimale di due digit generato dal computer. Il computer vi dirà la differenza tra questi numeri. Sono consentiti fino a 10 tentativi.

CAPITOLO 5 - QUADRATO MAGICO **77**

Accendete un quadrato perfetto sulla scheda. Ogni tasto inverte alcune strutture di LED. Sono richiesti artifici e logica.

CAPITOLO 6 - SPINNER **91**

Una luce ruota attorno ad un quadrato. Dovete catturarla premendo il tasto corrispondente. Ogni volta che riuscite, la rotazione diventerà più veloce. Un gioco di abilità.

CAPITOLO 7 - SLOT MACHINE **105**

Viene simulata una slot machine del tipo Las Vegas, con tre ruote rotanti. Provate la vostra fortuna.

CAPITOLO 8 - ECO **145**

Risconoscete duplicate una sequenza suono/luce (conosciuto anche come SIMON - un marchio registrato).

CAPITOLO 9 - MINDBENDER **171**

Giocate contro il "banco" (il computer) con un mazzo di 10 carte. Potete battere o fermarvi. Non andate in rovina!

CAPITOLO 10 - BLACKJACK **201**

Indovinate una sequenza di numeri generati dal computer. Esso vi dirà quanti digit sono corretti e nella posizione corretta (conosciuto anche come MASTERMIND - un marchio registrato).

CAPITOLO 11 - TIC - TAC - TOE **230**

Provate ad ottenere tre elementi in una riga prima del computer, in questo gioco di strategia. L'abilità del computer migliora con la vostra. Riuscite a batterlo?

APPENDICE A - Istruzioni in ordine alfabetico del 6502 ..... **301**

APPENDICE B -

Set di istruzioni del 6502: Esadecimale e Timing **302**

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

SCOPO

Questo libro è dedicato al programmatore che desidera apprendere le tecniche di programmazione avanzata con l'impiego del 6502. Naturalmente esso può essere impiegato da coloro che desiderano semplicemente eseguire giochi con la propria scheda basata sul 6502. L'impiego di questo libro per scopi didattici presuppone familiarità con il set di istruzioni del 6502 e delle tecniche di programmazione di base *Programmazione del 6502*. Si raccomanda inoltre una conoscenza di base delle tecniche d'ingresso/uscita. (*Applicazioni del 6502* del Gruppo Editoriale Jackson).

I giochi presentati nel corso del libro vanno da programmi semplici ad altri estremamente complessi. Per l'implementazione dei programmi, verranno proposti gli algoritmi e saranno progettate le strutture dati. Questo è il processo che segue qualsiasi programmatore rigoroso per la progettazione di una soluzione programmata ad un problema assegnato.

Normalmente i programmi di giochi non presentano alcun problema d'ingresso/uscita, a differenza di alcuni programmi di controllo industriale; comunque essi rappresentano spesso una vera sfida intellettuale per escogitare una strategia efficiente di soluzione. Inoltre tutti gli algoritmi ed i programmi presentati sono stati progettati per essere concisi in modo che possano risiedere in meno di 1 K di memoria.

Inoltre tutti i programmi sono stati correttamente realizzati e collaudati da diversi utenti che li hanno verificati esenti da errori. L'autore sarà grato per qualsiasi commento o suggerimento; che possa rivestire un qualche interesse per i lettori.

I programmi di questo libro possono essere impiegati per eseguire giochi reali. Essi richiedono l'impiego di una scheda basata sul 6502, come la scheda SYM (prodotta e brevettata dalla Synertek Systems) e richiedono l'implementazione di una semplice "Scheda Giochi". Questo capitolo fornisce una descrizione completa della scheda Giochi mostrata in Fig. 1-1.

Questi programmi, così come sono presentati, possono essere eseguiti direttamente su una scheda SYM, ma possono essere facilmente adattati a qualsiasi altro computer basato sul 6502. Comunque, le linee d'ingresso/uscita disponibili sono normalmente specifiche del computer impiegato. I segmenti d'ingresso/uscita dei vari programmi devono essere quindi modificati conseguentemente. Naturalmente gli algoritmi e le tecniche di programmazione impiegati rimangono generalmente invariati.

Dopo la lettura di questo libro, specialmente se eseguite i programmi sulla Scheda Giochi, probabilmente sarete d'accordo nell'affermare:

"Gli algoritmi complessi possono essere divertenti!"

HARDWARE RICHIESTO

Per eseguire i programmi presentati in questo libro su un microcomputer reale si può impiegare su SYM oppure un'altra scheda basata sul 6502. Inoltre è richiesta una Scheda Giochi addizionale. La Fig. 1-1 mostra una fotografia della Scheda Giochi. Si tratta, come dice il nome, di una scheda d'ingresso/uscita sulla quale possono essere eseguiti i giochi. La tastiera che appare sulla destra viene impiegata come ingresso alla scheda microcomputer, mentre i LED che appaiono sulla sinistra, vengono impiegati per visualizzare l'informazione inviata dal programma. Per ogni gioco proposto verrà spiegato l'impiego dei tasti e dei LED. Per ottenere effetti sonori, è stato connesso un altoparlante. Esso è stato montato in una cassa per migliorarne la qualità del suono. (Vedere Fig. 1-2).

La Scheda Giochi può essere facilmente realizzata in casa con un piccolo numero di componenti a basso costo, oppure si può richiedere alla Sybex. Poichè l'assemblaggio è abbastanza semplice, si consiglia vivamente al lettore interessato di eseguire personalmente l'implementazione della scheda, anche per acquisire la massima comprensione dell'hardware. D'altra parte, l'assemblaggio della Scheda Giochi non è indispensabile per l'impiego di questo libro. Essa consente semplicemente di estendere il livello di comprensione.

CONNESSIONE DEL SISTEMA

Assumiamo che sia disponibile una scheda microcomputer basata sul 6502, come la scheda SYM ed una Scheda Giochi.

Questo paragrafo descrive come interconnettere gli elementi del sistema in modo che possano essere effettivamente realizzati i giochi descritti nei capitoli successivi. Se avete accesso a questo hardware tralasciate

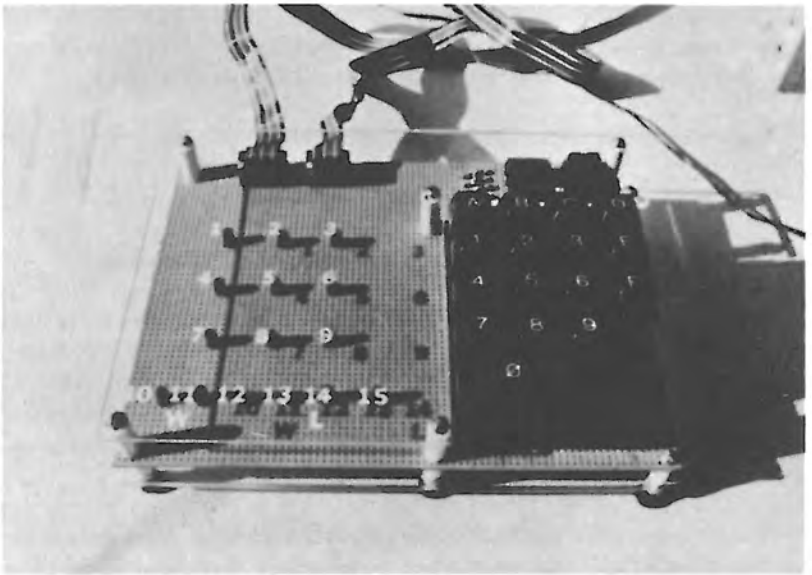


Figura 1.1: La scheda giochi

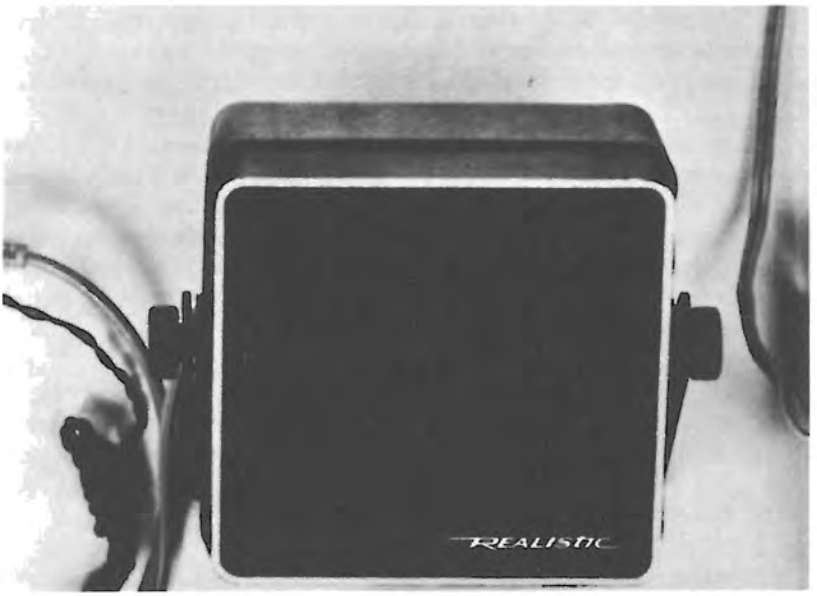


Figura 1.2: Un contenitore può essere impiegato per migliorare la qualità sonora

questo paragrafo. Comunque è possibile che in seguito dobbiate fare riferimento ad esso, per implementare i giochi descritti nel libro oppure per capire le tecniche d'interfacciamento o d'ingresso/uscita.

Sono richiesti quattro componenti essenziali:

1 - l'alimentatore
2 - la scheda SYM
3 - la Scheda Giochi
4 - un registratore a cassette (preferibilmente)

Il primo passo è di connettere l'alimentatore di sistema. Se non ne è già dotato, occorre connettere due gruppi di conduttori. (Vedere Fig. 1.3.) Il primo gruppo deve essere connesso ad un cavo di alimentazione. Il secondo gruppo, comprendente i conduttori di massa e 5V, deve essere connesso al connettore di alimentazione del SYM, sulla base delle specifiche del produttore.

Successivamente occorre procedere alla connessione fisica della Scheda Giochi al SYM: vengono impiegati i connettori A ed AA. (Vedere Fig. 1.4). Inoltre è presente il connettore per l'alimentazione.

Occorre fare attenzione ad inserire i connettori con l'orientamento corretto (normalmente il lato che porta la stampagliatura rivolto verso l'alto). In particolare un errore di connessione del connettore di alimentazione può causare sorprese molto molto spiacevoli, invece errori di connessione dei connettori di I/O sono normalmente meno catastrofici.

Infine, qualora sia utilizzato un registratore a cassette (vivamente consigliato), la scheda SYM deve essere connessa a tale registratore. Almeno dovrebbero essere connessi i terminali "monitor" e "cuffia" e, preferibilmente, il conduttore "remote". Se si vuole memorizzare su nastro i nuovi programmi, occorre connettere anche i terminali "registrazione" e "microfono". (Vedere Fig. 1.5). I dettagli per queste connessioni sono forniti sul manuale del SYM.

A questo punto il sistema è pronto per l'impiego. (Vedere Fig. 1.6). Se disponete di una delle cassette giochi (disponibili separatamente presso la Sybex) caricate semplicemente la cassetta nel registratore. Premete il tasto RST dopo aver alimentato il SYM e caricate il gioco richiesto nel SYM stesso. A questo punto si può iniziare il gioco.

Altrimenti occorre caricare il codice oggetto, in codice esadecimale, sulla tastiera del SYM, relativamente al gioco richiesto. Tutti i giochi iniziano saltando alla locazione 200 ("GO 200").

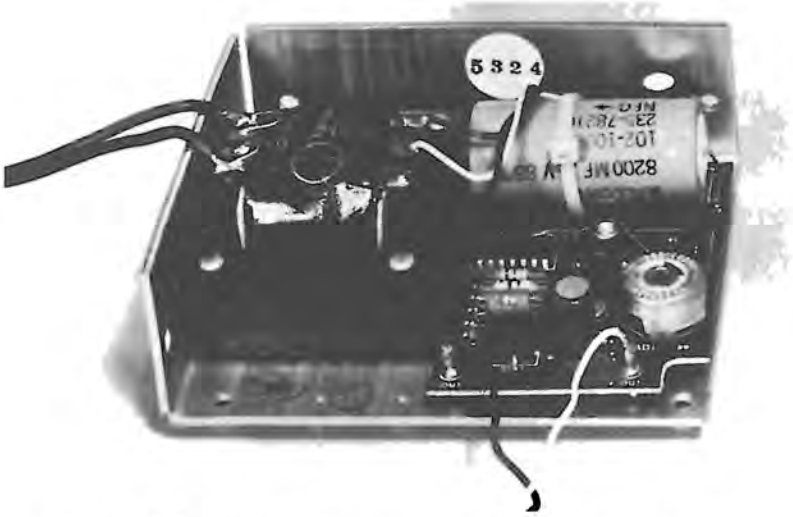


Figura 1.3: Due conduttori devono essere connessi all'alimentatore

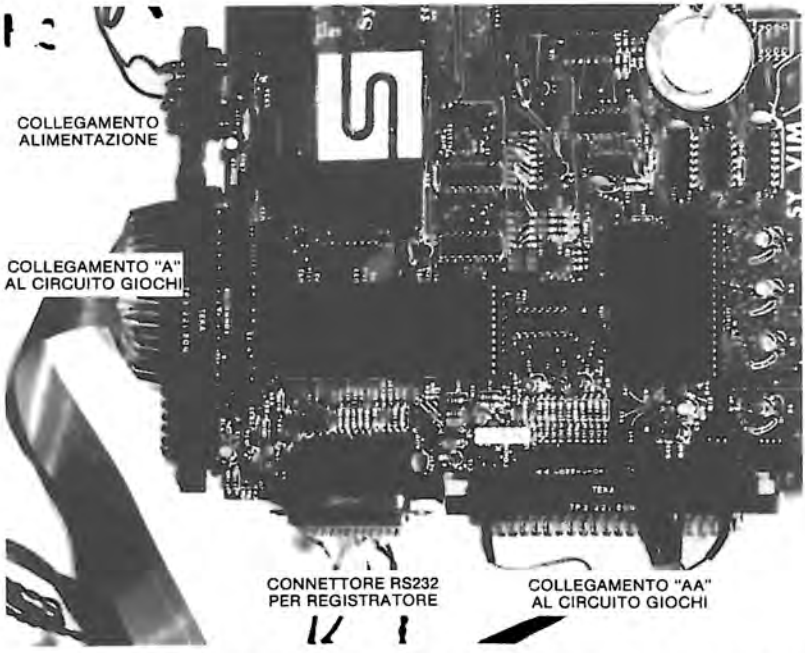
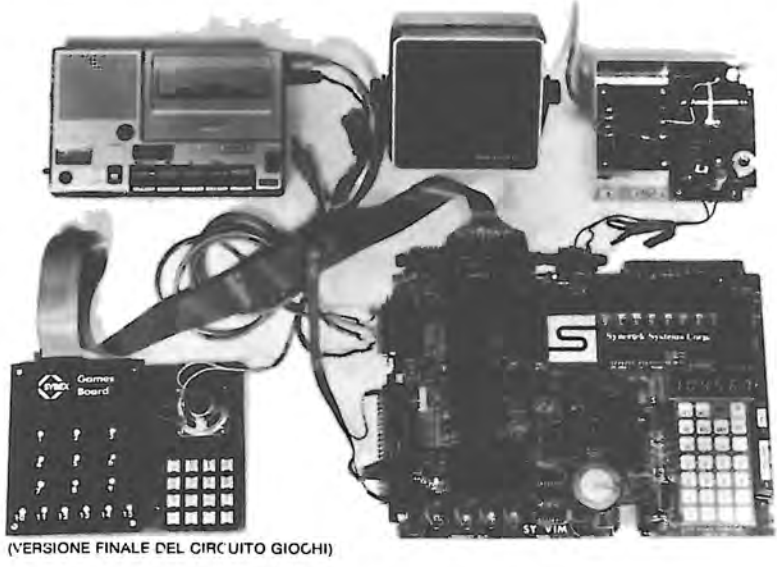


Figura 1.4: La scheda giochi è connessa al SYM con 2 connettori (notate anche i connettori di alimentazione e della cassetta)

Figura 1.5: Connessione del registratore a cassette



(VERSIONE FINALE DEL CIRCUITO GIOCHI)

Figura 1.6: Il sistema è pronto per l'impiego

INTERCONNESSIONE DELLA SCHEDA GIOCHI

La tastiera

La Fig. 1.7 mostra i componenti della scheda. La Fig. 1.8 riporta invece la disposizione dei LED impiegati per i giochi. La tastiera impiegata in questo caso è del tipo "linea per tasto" e non impiega una disposizione a matrice. Per i giochi sono richiesti 16 tasti, anche se numerose "tastiere standard" sono dotate di più tasti, come quella impiegata nel prototipo di Fig. 1.7. Su questo prototipo, i tre tasti all'angolo destro in basso, non vengono utilizzati (si tratta dei tasti H,L e "shift" o scorrimento).

La Fig. 1.9 mostra l'impiego di un decodificatore da 1 a 16 (il 74154), impiegato per identificare il tasto premuto, con la connessione di sole quattro linee d'uscita (da PB0 a PB3) - quattro linee consentono 16 codici. Il programma di esplorazione della tastiera invierà i numeri da 0 a 15 in successione, sulle linee d'uscita PB0-PB3. In risposta, il decodificatore 74154 decodificherà i suoi ingressi (4 bit) in ciascuna delle 16 uscite, in sequenza. Per esempio, quando il numero binario "0000" viene fatto uscire sulle linee da PB0 a PB3, il 74154 collega a massa la linea 1, corrispondente al tasto "0". Questo è illustrato in Fig. 1.9. Dopo l'uscita di ogni combinazione di quattro bit, il programma di scansione legge il valore di PA7. Se il tasto correntemente collegato a massa non è stato premuto, PA7 sarà alto. Se invece il tasto corrispondente è stato premu-

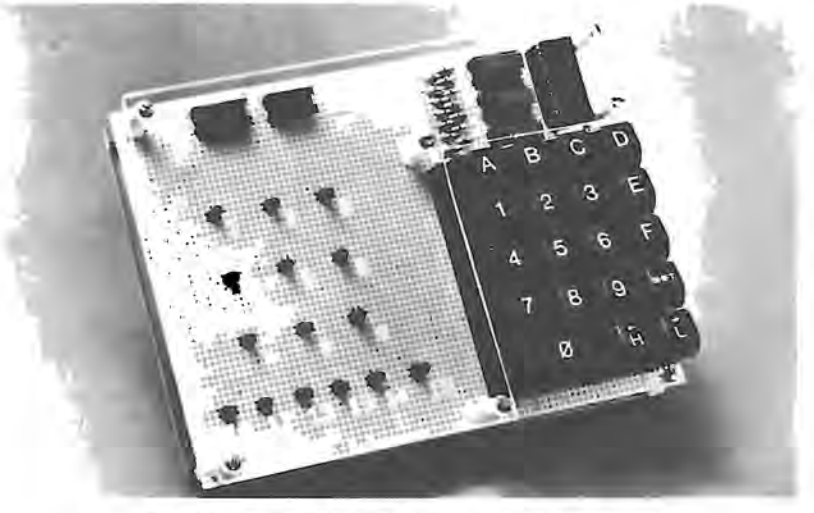


Figura 1.7: Elementi della scheda giochi (prototipo)

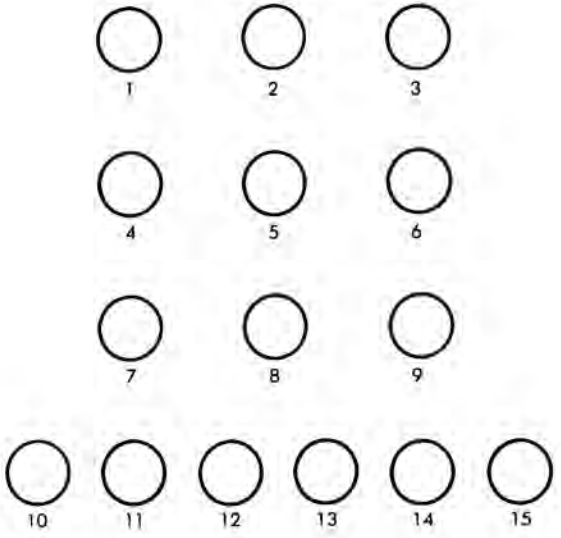


Figura 1.8: I LED

to, PA7 sarà a livello di massa e verrà letto uno "0" logico. Per esempio, in Fig. 1.10, è stata rivelata una chiusura del tasto 1. Come in qualsiasi algoritmo di scansione, un buon programma realizzerà l'eliminazione del rimbalzo della chiusura dei tasti con l'implementazione di un ritardo. Per ulteriori dettagli sulle tecniche di interfacciamento delle tastiere, si rimanda il lettore a "Tecniche di Interfacciamento dei Microprocessori" edito dal Gruppo Editoriale Jackson.

Nel progetto reale, i quattro ingressi del 74154 (da PB0 a PB3) sono connessi al VIA # 3 del SYM. PB7 è connesso allo stesso VIA. Il resistore da 3,3 K in alto a destra in Fig. 1.9, si comporta da resistore di pull-up per PA7 e garantisce un livello logico "1" finchè non si verifica un collegamento a massa.

Il programma GETKEY, oppure una routine simile, viene impiegato da tutti i programmi di questo libro e viene descritto più avanti.

I LED

La Fig. 1.11 mostra il collegamento di quindici LED. Per fornire la corrente necessaria (16 mA) vengono impiegati tre LED driver 7416.

I LED sono connessi alle linee da PA0 a PA7 a da PB0 a PB7, eccetto PB6. Queste porte appartengono al VIA # 1 del SYM. Un LED viene illuminato semplicemente selezionando l'appropriato pin d'ingresso del

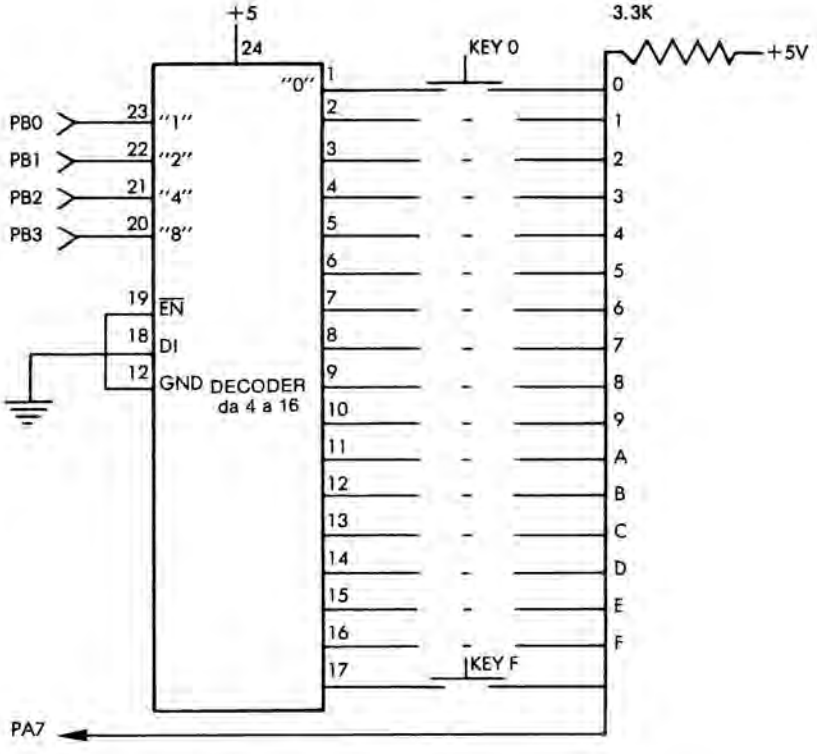


Figura 1.9: Connessione del decodificatore alla tastiera

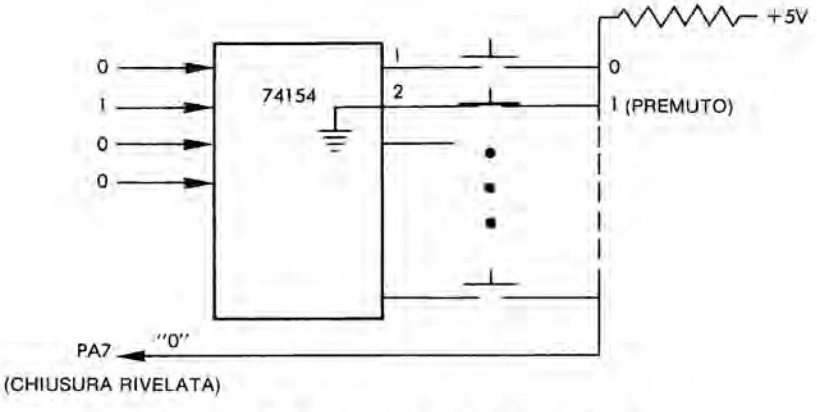


Figura 1.10: Rivelazione di una chiusura di tasto

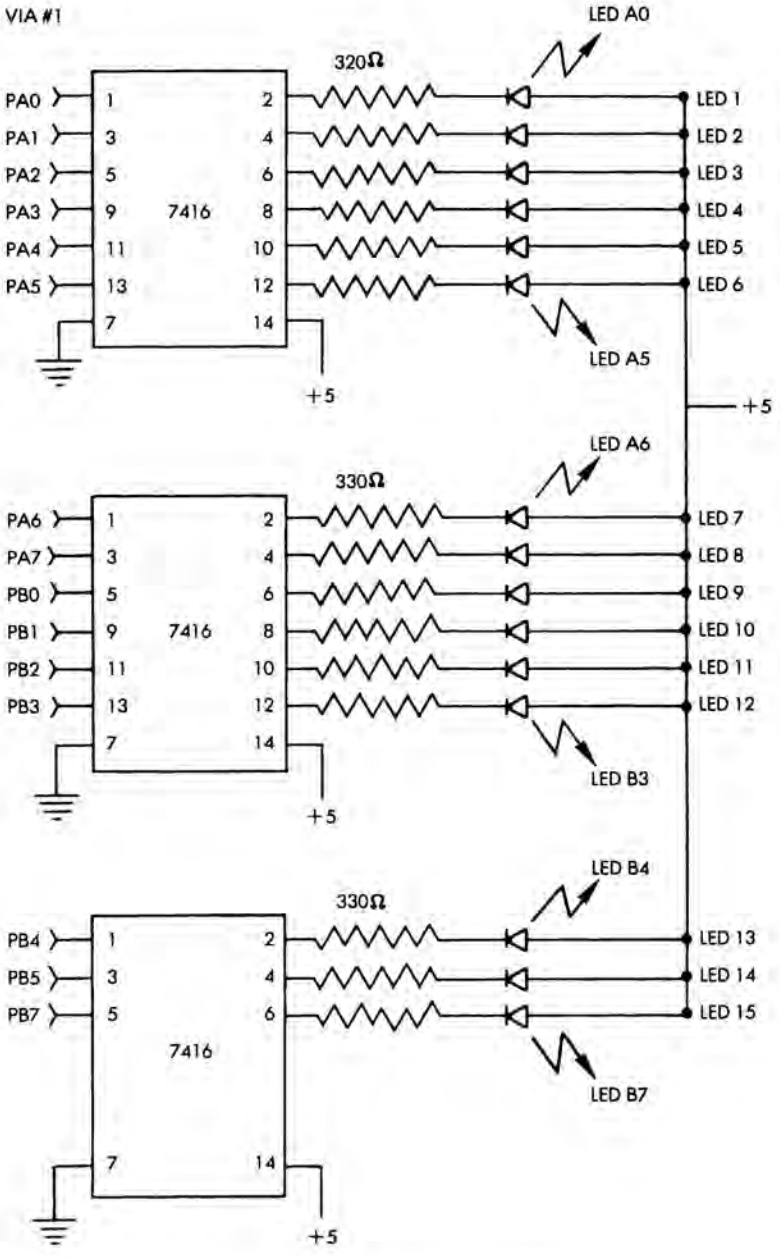


Figura 1.11: Connessione dei LED

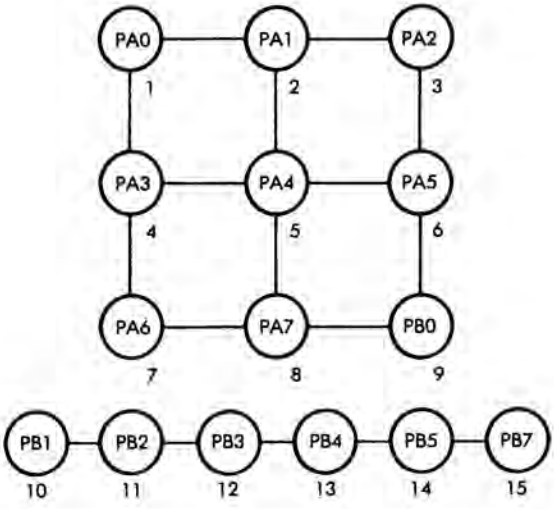


Figura 1.12: Disposizione dei LED sulla scheda

driver corrispondente. Le Fig. 1.12 ed 1.13 mostrano la conseguente disposizione.

I resistori mostrati in Fig. 1.11 sono di 330 ohm e sono progettati per limitare la corrente dei gate 7416.

Le routine d'uscita saranno descritte nel contesto dei singoli giochi.

Componenti richiesti

Una scheda vettore 6"x 9"
Un decodificatore da 4 a 16 (74154)
Tre driver invertenti sestupli (7416)
Uno zoccolo da 24 pin
Tre zoccoli da 14 pin (per i driver)
Una tastiera a 16 tasti, non codificata
Quindici resistori da 330 ohm
Un condensatore di disaccoppiamento (0,1 mF)
Quindici LED
Un altoparlante
Un resistore da 50 o 110 ohm (per l'altoparlante)
Due cavi a nastro da 16 conduttori, lunghi 4 o 5 metri
Una scatola di montanti per terminali wire-wrap
Conduttori wire-wrap
Saldatore

Inoltre possono servire un saldatoio ed uno strumento per il wire-wrapping.

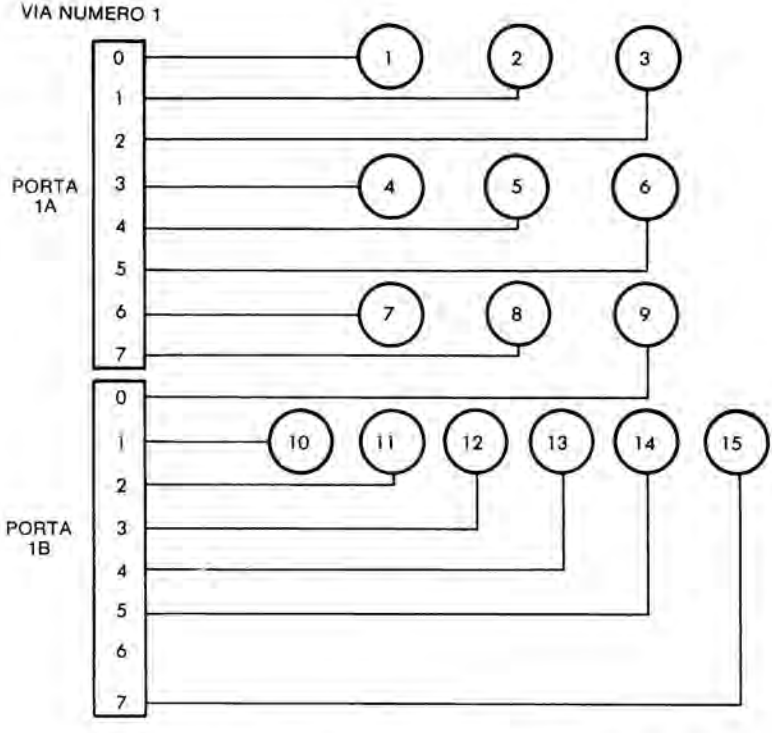


Figura 1.13: Dettagli della connessione dei LED alle porte

Assemblaggio

Si consiglia la seguente procedura di assemblaggio: la tastiera può essere fissata direttamente sulla scheda perforata. Gli zoccoli ed i LED possono essere posizionati sulla scheda e fissati temporaneamente con nastro isolante. Tutte le connessioni possono quindi essere eseguite mediante wire-wrap. Nel prototipo le connessioni alla tastiera andranno saldate in modo da fornire una connessione affidabile, poichè esse non possono essere eseguite con il metodo wire-wrap. Per le comuni connessioni sono stati impiegati montanti per terminali wire-wrap.

Addizionalmente, sul prototipo vengono forniti due zoccoli per la connessione del cavo a nastro alla Scheda Giochi. Questi ultimi non sono indispensabili ma si consiglia vivamente il loro impiego per connettere e sconnettere efficientemente il cavo. (Essi appaiono in alto a sinistra nella Fig. 1.14). Per questo scopo sono stati impiegati due zoccoli, uno da 14 ed uno da 16 pin. Per connettere direttamente il cavo a nastro alla

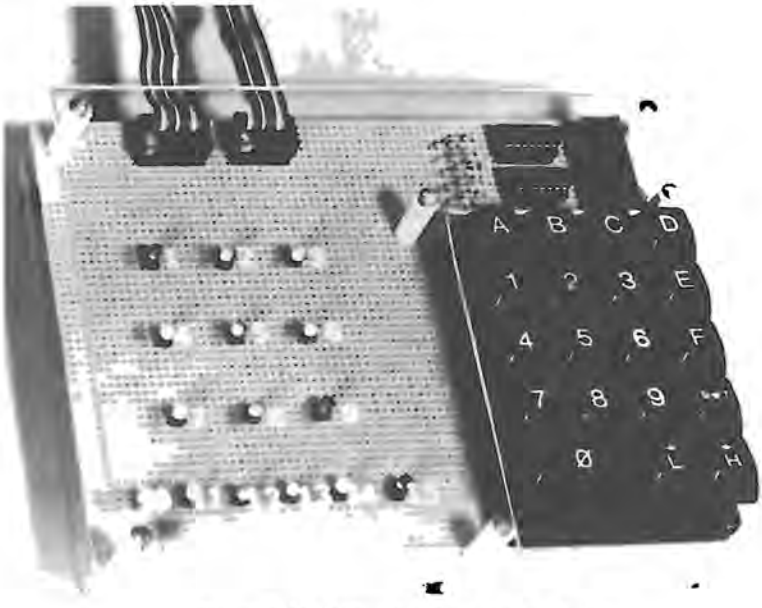


Figura 1.14: Dettagli della scheda giochi

scheda perforata si possono utilizzare, in modo alternativo, due montanti per terminali wire-wrap. L'altra estremità del cavo a nastro è semplicemente connessa ai connettori di tipo edge (bordo) del SYM. Occorre fare molta attenzione ad eseguire i collegamenti ai pin corretti di entrambe le estremità del cavo a nastro (non connettere la parte superiore in basso). La Scheda Giochi riceve l'alimentazione del SYM attraverso la connessione con cavo a nastro. La connessione del cavo in modo inverso può quindi avere effetti disastrosi.

L'altoparlante può essere connesso ad uno dei driver d'uscita PB4, PB5, PB6 oppure PB7 del VIA # 3. Ciascuna di queste porte d'uscita è equipaggiata di un transistor buffer. In serie all'altoparlante è inserita una resistenza da 110 ohm per la limitazione della corrente.

La routine d'ingresso da tastiera

Questa routine, chiamata "GETKEY" (accetta tasto), è una utility routine (routine di utilità) che esplora la tastiera ed identifica il tasto che è stato premuto. Il codice corrispondente sarà contenuto nell'accumulatore. Essa è protetta contro il rimbalzo, ripetizione e rollover (più tasti premuti contemporaneamente).

Il rimbalzo della tastiera viene eliminato implementando un ritardo di 50 ms dalla chiusura del tasto.

Il problema della ripetizione viene risolto aspettando che il tasto correntemente premuto venga rilasciato prima che venga accettato un altro valore.

Questo corrisponde al caso in cui il tasto viene premuto per un lungo periodo di tempo. Se al caricamento della routine GETKEY un tasto è già premuto, il programma rimane inattivo finchè non viene rilasciato. Quindi il programma attende la successiva chiusura di tasto. Qualora il programma di elaborazione che impiega la routine GETKEY stia eseguendo calcoli lunghi, esiste l'eventualità che l'utente possa premere un nuovo tasto prima che GETKEY sia nuovamente richiamata. Questa chiusura di tasto sarà ignorata da GETKEY e l'utente dovrà nuovamente premere il tasto.

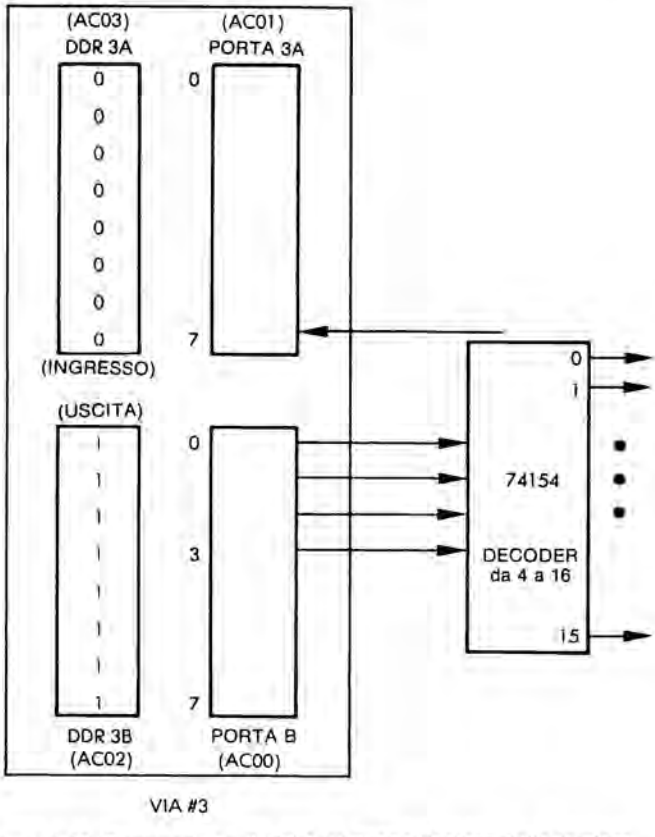


Figura 1.15: Connessione del VIA al decodificatore della tastiera

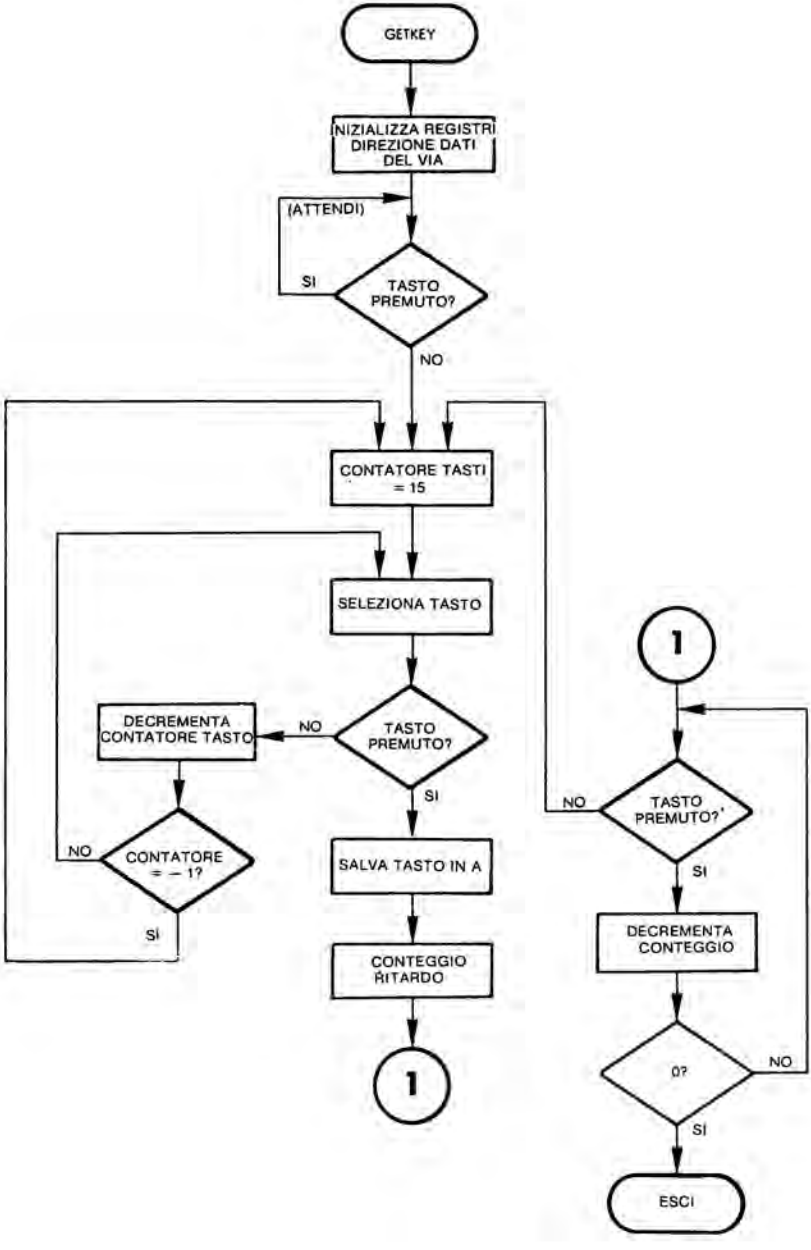


Figura 1.16: Diagramma di flusso GETKEY

La maggior parte dei programmi descritti in questo libro contengono prompt sonori sotto forma di un tono generato ogni volta che il giocatore deve rispondere. Si noti che, quando viene generato un tono, oppure durante l'esecuzione di un ciclo di ritardo, la pressione di un tasto non ha alcun effetto.

La Fig. 1.9 mostra la configurazione hardware richiesta per l'esecuzione della routine GETKEY. La Fig. 1.15 mostra il corrispondente chip d'ingresso/uscita sul SYM. Il VIA # 3 del SYM viene impiegato per comunicare con la tastiera. La porta B del VIA è configurata come uscita e le linee da 0 a 3 sono comandate dal 74154 (convertitore da 4 a 16), connesso alla tastiera stessa. La routine GETKEY farà uscire le cifre esadecimali comprese tra "0" ed "F", in sequenza sul 74154. Questo risulterà sulla messa a terra della corrispondente linea di uscita del 74154. Se viene premuto un tasto, il bit 7 del VIA # 3 della Porta A andrà a massa. Quindi la logica del programma è abbastanza semplice ed il diagramma di flusso è riportato in Fig. 1.16.

La Fig. 1.17 riporta il programma. Esaminiamolo. La routine GETKEY può essere rilocata, cioè può essere posizionata dovunque in memoria. Per ragioni di spazio essa è stata posizionata alle locazioni di memoria da 100 a 12E. È importante ricordare che questa è l'area di memoria bassa dello stack. Qualsiasi programma utente che richiede l'intero stack deve riscrivere questa routine prima di distruggerla. Per questo è posizionabile dovunque. Comunque, per tutti i programmi sviluppati in questo libro, la posizione è adatta. Le prime quattro istruzioni della routine condizionano i registri di direzione dati del VIA # 3. Il registro di direzione dati della Porta A è predisposto come ingresso (tutti zeri), mentre il registro di direzione dati per la Porta B è predisposto come uscita (tutti uni). Questo è illustrato in Fig. 1.15.

```
        LDA #0
        STA DDR3A
        LDA #$FF
        STA DDR3B
```

Per il test del bit 7 della Porta 3A sono richieste due istruzioni, che indicano se si è verificata la chiusura di un tasto:

```
START   BIT PORT3A
        BPL START
```

Il contatore dei tasti è inizialmente posto al valore 15 e sarà decrementato fino ad incontrare la chiusura di un tasto. Per contenere questo valore si impiega il registro indice X, che può essere facilmente decrementato con l'istruzione DEX:

```
RSTART  LDX #15
```

```
                    ; LA ROUTINE D'INGRESSO DA TASTIERA 'GETKEY'
                    ; LEGGE ED ELIMINA IL RIMBALZO DELLA TASTIERA,
                    ; RITORNA CON IL NUMERO DEL TASTO PREMUTO
                    ; NELL'ACCUMULATORE.
                    ; FUNZIONAMENTO: INVIA NUMERI DA 0 AD F AL 74154
                    ; (DECODER DA 4 A 16), CHE CONNETTE A MASSA UN
                    ; MORSETTO DEGLI SWITCH DEI TASTI, UNO ALLA VOLTA.
                    ; SE UN TASTO È PREMUTO, PA7 DEL VIA #3 SARA'
                    ; A MASSA ED IL VALORE CORRENTE APPLICATO AL
                    ; 74154 SARA' IL NUMERO DEL TASTO. QUANDO IL
                    ; PROGRAMMA RIVELA UNA CHIUSURA DI TASTO CONTROLLA
                    ; LA CHIUSURA PER 50 MS PER ELIMINARE IL RIMBALZO.
                    ; NOTA: SE NESSUN TASTO È PREMUTO GETKEY È
                    ; IN STATO DI ATTESA.
                    ;
                          = $ 100          ; NOTA: GETKEY È NELLA PARTE BASSA
                                           ; DELLO STACK
                    DDR3A  = $ AC03        ; REG DI DIREZIONE DATI A PER VIA #3
                    DDR3B  = $ AC02        ; REG DI DIREZIONE DATI B PER VIA #3
                    PORT3A = $ AC01        ; REGISTRI DI I/O ALLA PORTA A DEL
                                           ; VIA #3
                    PORT3B = $ AC00        ; REGISTRI DI I/O ALLA PORTA B DEL
                                           ; VIA #3

0100:  A9 00                LDA  #0
0102:  8D 03 AC             STA  DDR3A     ; PREDISPONI PER INGRESSO LA PORTA
                                           ; DI STROBE DEL TASTO
0105:  A9 FF                LDA  #$FF
0107:  8D 02 AC             STA  DDR3B     ; PREDISPONI COME USCITA LA PORTA
                                           ; DEL # TASTO
010A:  2C 01 AC START       BIT  PORT3A    ; VEDI SE TASTO ANCORA PREMUTO
                                           ; ULTIMA CHIUSURA DI TASTO: STROBE
                                           ; DEL TASTO NEL BIT DI STATO 'N'
010D:  10 FB                BPL  START     ; SE SI, ATTENDI IL RILASCIO DEL TASTO
010F:  A2 0F       RSTART   LDX  # 15      ; PONI CONTATORE TASTI A 15
0111:  8E 00 AC NXTKEY      STX  PORT3B    ; USCITA # TASTO A 74154
0114:  2C 01 AC             BIT  PORT3A    ; VEDI SE TASTO PREMUTO: STROBE IN 'N'
0117:  10 05                BPL  BOUNCE    ; SE SI, ELIMINA RIMBALZO
0119:  CA                   DEX            ; DECREMENTA # TASTO
011A:  10 F5                BPL  NXTKEY    ; NO, TASTO SUCCESSIVO
011C:  30 F1                BMI  RSTART    ; SCAVALCA
011E:  8A          BOUNCE   TXA            ; SALVA IL NUMERO DEL TASTO IN A
011F:  A0 12                LDY  # $ 12    ; CARICA CONT CICLO ESTERNO PER
                                           ; RITARDO DI 50 MS.
0121:  A2 FF       LP1      LDX  # $ FF    ; CICLO INTERNO DI 11 MICROSEC.
0123:  2C 01 AC LP2         BIT  PORT3A    ; VEDI SE TASTO ANCORA PREMUTO
0126:  30 E7                BMI  RSTART    ; SE NO, TASTO NON VALIDO, RESTART
0128:  CA                   DEX
0129:  D0 FB                BNE  LP2       ; QUESTO CICLO DURA 2115*5 MICROSEC.
012B:  88                   DEY
012C:  D0 F3                BNE  LP1       ; CICLO ESTERNO: IL TOTALE È 50 MS.
012E:  60                   RTS            ; FATTO: # TASTO IN A.

SYMBOL TABLE:
DDR3A     AC03      DDR3B     AC02      PORT3A    AC01
PORT3B    AC00      START     010A      RSTART    010F
NXTKEY    0111      BOUNCE    011E      LP1       0121
LP2       0123
DONE
```

Figura 1.17: Programma GETKEY

Questo valore (15) viene quindi fatto uscire sul 74154 e genera la scelta della linea 17 connessa al tasto 15 ("F"). La precedente istruzione BIT viene impiegata per provare la condizione del bit 7 della Porta 3A, in modo da determinare se questo tasto è stato premuto.

```
NXTKEY    STX PORT3B
          BIT PORT3A
          BPL BOUNCE
```

Se il tasto è stato premuto si verifica una ramificazione a "BOUNCE" (rimbalzo), e deve essere implementato un ritardo per eliminare il rimbalzo; in caso contrario viene decrementato il contatore e si ha il test per underflow (superamento del limite inferiore). Prima che il contatore diventi negativo si verifica una ramificazione alla locazione NXTKEY. Questo ciclo viene ripetuto finchè si trova un tasto premuto oppure il contatore diviene negativo. In questo caso la routine ritorna alla locazione RSTART, facendo ripartire il processo:

```
          DEX
          BPL NXTKEY
          BMI RSTART
```

Si noti che, nel caso della pressione contemporanea di più tasti, rivelererà il tasto premuto di valore più elevato. In altre parole, se sono stati premuti contemporaneamente i tasti "F" e "3", verrà identificato come premuto il tasto "F", mentre il tasto "3" verrà ignorato. Per evitare questo problema occorre introdurre la *protezione contro rollover multipli* che viene suggerita come esercizio:

Esercizio 1-1: *Per evitare il rollover di tasti multipli, si modifichi la routine GETKEY in modo che vengano ispezionate tutte le chiusure dei 15 tasti. Se viene premuto più di un tasto, la chiusura viene ignorata fino a che non si rivela la chiusura di un solo tasto.*

Una volta identificata la chiusura di un tasto, il numero corrispondente al tasto viene salvato nell'accumulatore. Viene quindi implementato un ciclo di ritardo per fornire un tempo di eliminazione rimbalzo di 50 ms. Durante questo ciclo, la chiusura del tasto viene costantemente osservata. Il ritardo viene implementato con l'impiego di una tecnica a ciclo annidato di due livelli.

```
BOUNCE    TXA
          LDY #$12
LP1       LDX #$FF
LP2       BIT PORT3A
```

```
BMI RSTART
DEX
BNE LP2
DEY
BNE LP1
```

Esercizio 1-2: *Il valore impiegato per il contatore del ciclo (loop) esterno può non essere sufficientemente preciso ("$12" oppure 12 esadecimale). Calcolate la durata esatta del ritardo implementato dalle precedenti istruzioni, impiegando le tabelle che mostrano la durata di ogni istruzione (Appendice).*

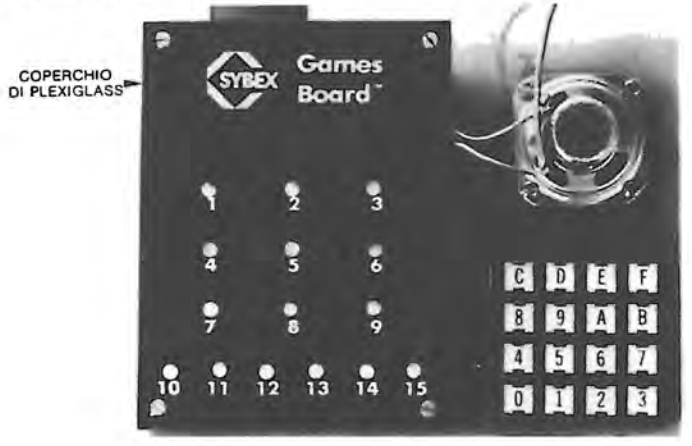


Figura 1.18: Scheda giochi in produzione

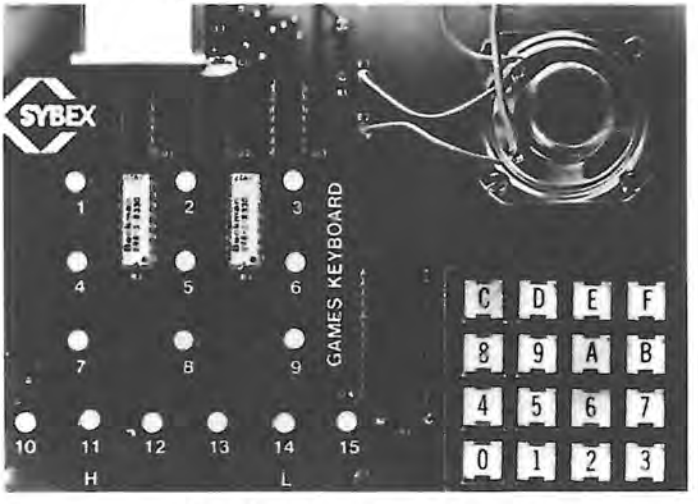


Figura 1.19: Rimozione del coperchio

SOMMARIO

L'esecuzione dei programmi dei giochi richiede una semplice Scheda Giochi che fornisce le prestazioni d'ingresso/uscita di base. In questo capitolo è stata descritta l'interfaccia hardware e software richiesta. Le Fig. 1.18 ed 1.19 mostrano la scheda assemblata che deriva dal precedente prototipo.

CAPITOLO 2

GIOCO MUSICALE

LE REGOLE

Questo gioco consente di generare musica direttamente dalla tastiera del computer. Inoltre il programma registra contemporaneamente le note emesse e su richiesta può rieseguirle. I tasti da "0" a "C" sulla tastiera vengono impiegati per generare le note musicali. (Vedere Fig. 2.1). Il tasto "D" viene impiegato per specificare una pausa. Il tasto "E" viene impiegato per rieseguire la sequenza musicale immagazzinata in memoria. Infine il tasto "F" viene impiegato per azzerare la memoria, cioè per iniziare un nuovo gioco. Il paragrafo seguente descrive la normale sequenza del gioco.

UNA GIOCATA TIPICA

Premete il tasto "F" per inizare un nuovo gioco. L'emissione di un suono di tre note confermerà che la memoria interna è stata cancellata.

A (A)	B (B)	C (C)	D (REST)
1 (A)	2 (B)	3 (C)	E (PBK)
4 (D)	5 (E)	6 (F)	F (RST)
7 (F#)	8 (G)	9 (G#)	0 (G)

NUMERO TASTI	NOTA	NUMERO TASTI	NOTA
0	G	8	G
1	A	9	G#
2	B	A	A
3	C	B	B
4	D	C	C
5	E	D	REST
6	F	E	PLAY BACK
7	F#	F	RESTART

Figura 2.1: Esecuzione di musica da tastiera

Nona sinfonia

5 — 5 — 6 — 8 — 8 — 6 — 5 — 4 — 3 — 3 — 4 — 5 — 5 — 4 — 4 — D — 5 —
5 — 6 — 8 — 8 — 6 — 5 — 4 — 3 — 3 — 4 — 5 — 4 — 3 — 3 — D — 4 — 4 —
5 — 3 — 4 — 6 — 5 — 3 — 4 — 6 — 5 — 4 — 3 — 4 — D

Clementine:

3 — 3 — 3 — D — 2 — D — 5 — 5 — 5 — D — 3 — D — 3 — 5 — 8 — D — D —
8 — 6 — 5 — 4 — D — D — D — 4 — 5 — 6 — D — 6 — D — 5 — 4 — 5 — D —
3 — D — 3 — 5 — 4 — D — D — 2 — 3 — 4 — 3

Frere Jacques:

3 — 4 — 5 — 3 — 3 — 4 — 5 — 3 — 5 — 6 — 8 — D — 5 — 6 — 8 — D — 8 —
A — 8 — 6 — 5 — D — 3 — D — 8 — A — 8 — 6 — 5 — D — 3 — D — 3 — D —
2 — D — 3 — D — D — D — 3 — D — 2 — D — 3

Jingle Bells:

5 — 5 — 5 — D — 5 — 5 — 5 — D — 5 — 8 — 3 — 4 — 5 — D — D — D — 6 —
6 — 6 — 6 — 6 — 5 — 5 — 5 — 8 — 8 — 6 — 4 — 3

London Bridge:

8 — A — 8 — 6 — 5 — 6 — 8 — D — 4 — 5 — 6 — D — 5 — 6 — 8 — D — 8 —
A — 8 — 6 — 5 — 6 — 8 — D — 4 — D — 8 — D — 5 — 3

Mary Had a Little Lamb:

5 — 4 — 3 — 4 — 5 — 5 — 5 — D — 4 — 4 — 4 — D — 5 — 8 — 8 — D — 5 —
4 — 3 — 4 — 5 — 5 — 5 — 5 — 4 — 4 — 5 — 4 — 3

Row Row Row Your Boat:

3 — D — 3 — D — 3 — 4 — 5 — D — 5 — 4 — 5 — 6 — 8 — D — D — D — C —
C — 8 — 8 — 5 — 5 — 3 — 3 — 8 — 6 — 5 — 4 — 3

Silent Night:

8 — D — D — A — 8 — D — 5 — D — D — D — 8 — D — D — A — 8 — D — 5 —
D — D — D — 3 — D — D — 3 — D — B — D — D — D — C — D — D — C —
D — 8 — D — D — C — D — 8 — 5 — 8 — D — 6 — D — 4 — D — 3

Twinkle Twinkle Little Star:

3 — 3 — 8 — 8 — A — A — 8 — D — 6 — 6 — 5 — 5 — 4 — 4 — 3 — D — 8 —
8 — 6 — 6 — 5 — 5 — 4 — D — 3 — 3 — 8 — 8 — A — A — 8 — D — 6 — 6 —
5 — 5 — 4 — 4 — 3

Figura 2.2: Toni semplici per la musica del computer

Eseguite l'accordo sui tasti da "0" a "D" (impiegando note e pause). È possibile eseguire e memorizzare fino a 254 note. In qualsiasi istante può essere premuto il tasto di riproduzione ("E") e quindi le note e pause che sono state impostate sulla tastiera (e contemporaneamente memorizzate) saranno riprodotte. La sequenza musicale può essere riprodotta indefinitamente semplicemente premendo il tasto "E". La Fig. 2.2 mostra alcuni esempi di semplici accordi o sequenze musicali che possono essere eseguite sul computer.

LE CONNESSIONI

Questo gioco impiega la tastiera e l'altoparlante. L'altoparlante è connesso in serie alle linee d'uscita dotate di buffer della Porta B del VIA #3, attraverso una resistenza di limitazione della corrente da 110 ohm. Vengono utilizzate le linee PB4, PB5, PB6 o PB7 del VIA # 3, che sono pilotate da un transistor buffer sul SYM. Per ottenere musica di elevata qualità si consiglia di installare l'altoparlante in un cassa. Inoltre si può regolare il valore del resistore per agire sul volume (senza scendere al di sotto dei 50 ohm) per limitare la corrente nel transitor.

L'ALGORITMO

Un tono (nota) viene generato semplicemente inviando un'onda quadra di frequenza opportuna all'altoparlante, cioè commutandolo on ed off alla frequenza richiesta. Questo è illustrato in Fig. 2.3. L'intervallo di tempo in cui l'altoparlante è on oppure off è detto semi-periodo. In questo programma è disponibile la gamma di frequenza da 195 a 253 Hertz. Se N è la frequenza, il periodo T è l'inverso della frequenza, cioè:

$$T = 1/N$$

Quindi il semi-periodo va da 1/(2 x 195) = 0,002564 a 1/(2 x 523) = 0,000956 secondi. Per implementare la frequenza richiesta verrà impiegato un ciclo di ritardo classico.

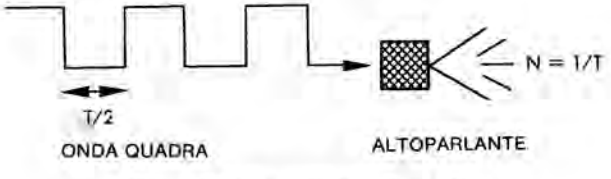


Figura 2.3: Generazione di un tono

Di seguito vengono presentati i calcoli reali dei vari parametri del programma.

IL PROGRAMMA

Il programma è localizzato agli indirizzi di memoria da 200 a 2DD e la sequenza musicale registrata, o l'accordo, è memorizzata a partire dalla locazione di memoria 300. In 127 byte possono essere registrate fino a 254 note.

Strutture dati

In questo programma vengono impiegate tre tabelle. Esse sono riportate in Fig. 2.4. L'accordo registrato è memorizzato in una tabella che inizia all'indirizzo 300. Le costanti delle note, impiegate per determinare la frequenza di eccitazione dell'altoparlante, sono memorizzate in una tabella di 16 byte localizzata all'indirizzo di memoria 2C4. La durata delle note, cioè il numero di semi-periodi richiesti per implementare una durata uniforme della nota, pari a circa 0,21 secondi, è memorizzata in una tabella di 16 byte che inizia all'indirizzo di memoria 2D1. All'interno della tabella dell'accordo sono impiegati dei puntatori di due "nibble" (gruppo di 4 bit): PILEN durante l'ingresso a PTR durante l'uscita. (Ogni byte di 8 bit di questa tabella contiene due note). Per ottenere l'ingresso effettivo alla tabella dal puntatore di nibble, il puntatore viene semplicemente fatto scorrere di una posizione a destra. Il valore che rimane diventa il puntatore di byte, mentre il bit che è entrato nel flag carry (riporto) specifica la metà sinistra o destra del byte. Le due tabelle chiamata COSTANTI e DURATE DELLE NOTE sono semplicemente tabelle di riferimento impiegate per determinare la semi-frequenza di una nota ed il numero di volte di attivazione dell'altoparlante una volta che è stata identificata e specificata una nota. L'accesso ad entrambe queste tabelle è indiretto con l'impiego del registro X.

Elementi di teoria della musica

Prima di procedere alla descrizione del programma reale, conviene richiamare brevemente le convenzioni generali della musica. Le frequenze impiegate per generare le note richieste sono derivate da una scala uniforme in cui le frequenze di note successive stanno nel rapporto:

$$1 : \sqrt[12]{2}$$

La Fig. 2.5 fornisce le frequenze centrali C di ottava. Il calcolo delle

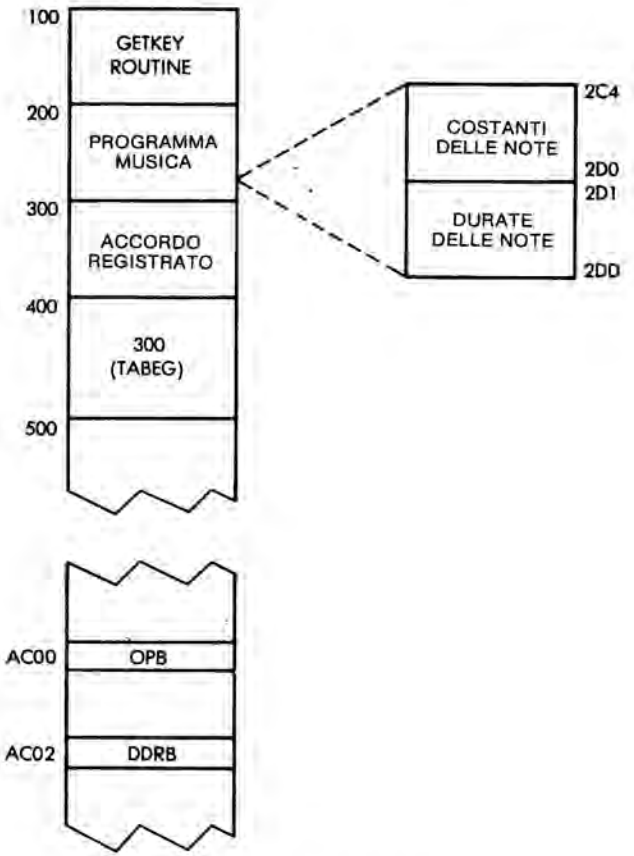


Figura 2.4: Mappa di memoria

corrispondenti frequenze dell'ottava più alta o più bassa si esegue semplicemente moltiplicando o dividendo per due, rispettivamente.

Generazione del tono

Il semiperiodo di ritardo dell'onda quadra inviata all'altoparlante viene implementato con l'impiego di un ciclo di programma avente un tempo di ciclo di base di 10 μs. Nel programma, l'"indice del ciclo", o contatore di iterazione, viene impiegato per contare il numero di cicli di 10 μs eseguiti. Il ciclo genererà un ritardo totale pari a:

(indice del ciclo) x 10 − 1 microsecondi

NOTE	FREQUENZA (HERTZ)
A	220.00
A#	223.08
B	246.94
C	261.62
C#	277.18
D	293.66
D#	311.13
E	329.63
F	349.23
F#	369.99
G	391.99
G#	415.30

Figura 2.5: Frequenze di centro ottava C

All'ultima iterazione del ciclo (quando l'indice del ciclo è decrementato a zero), interviene la ramificazione. Questa istruzione di ramificazione sarà eseguita più velocemente, cosicchè occorre sottrarre un microsecondo (supponendo un clock di 1 MHz) dalla durata totale del ritardo. La routine per la generazione del tono è la seguente:

```
TONE    STA  FREQ
        LDA  #$FF
        STA  DDRB
        LDA  #$00
        LDX  DUR
FL2     LDY  FREQ
FL1     DEY
        CLC
        BCC  .+2
        BNE  FL1
        EOR  #$FF
        STA  OPB
        DEX
        BNE  FL2
        RTS
```

CICLO INTERNO

CICLO ESTERNO

Si noti il classico progetto a cicli annidati. Il ciclo esterno, ogni volta che viene eseguito, aggiunge un ritardo di 13 microsecondi: 14 microsecondi

per le istruzioni extra (LDY, EOR, STA, DEX e BNE), meno un microsecondo per compensare la ramificazione che non si è verificata nel ciclo più interno. Quindi il ritardo totale introdotto da ciclo più esterno vale:

$$(\text{indice del ciclo}) \times 10 + 13 \text{ microsecondi}$$

Si ricordi che un attraversamento del ciclo più esterno rappresenta soltanto un semiperiodo della nota.

Calcolo delle costanti della nota

Sia "ID" il ritardo introdotto dal ciclo interno ed "OD" il ritardo addizionale introdotto dal ciclo esterno. Nel paragrafo precedente si è stabilito che il semi-periodo è $T/2 = (\text{indice del ciclo}) \times 10 + 13$ ovvero

$$T/2 = (\text{indice del ciclo}) \times ID + OD$$

La costante della nota che viene memorizzata nella tabella è il valore dell'indice richiesto dal programma. Dall'equazione si può ricavare facilmente che:

$$\text{costante della nota} = \text{indice del ciclo} = (T - 2 \times OD)/2 \times ID$$

Il periodo può essere espresso in funzione della frequenza come $T = 1/N$ ovvero, in microsecondi:

$$T = 10^{6}/N$$

Infine la precedente equazione diventa:

$$\text{costante della nota} = (10^{6}/N - 2 \times OD)/2 \times ID$$

Per esempio, calcoliamo la costante della nota corrispondente alla frequenza centrale C. La fig. 2.5 riporta la frequenza corrispondente al centro C: vale 261,62 Hertz. Si è visto precedentemente che il ritardo "OD" vale 13 microsecondi, mentre "ID" è stato scelto pari a 10 microsecondi. L'equazione della costante della nota diventa allora:

$$\begin{aligned}\text{costante della nota} &= (10^{6}/N - 2 \times 13)/2 \times 10 \\ &= \frac{1000000/261{,}62 - 26}{20} \\ &= 190 \text{ (oppure BE in esadecimale)}\end{aligned}$$

Si può facilmente verificare che questo corrisponde al quarto ingresso

della tabella all'indirizzo NOTAB (vedere Fig. 2.9 alla fine del listing, all'indirizzo 02C4). La Fig. 2.6 mostra le costanti della nota.

NOTA		NOTA	COSTANTE	NOTA	COSTANTE
SOTTO CENTRO C: G	FE	CENTRO C: C	BE	SOPRA CENTRO C: C	5E
SOTTO CENTRO C: A	E2	CENTRO C: D	A9		
SOTTO CENTRO C: B	C9	CENTRO C: E	96		
		CENTRO C: F	8E		
		CENTRO C: F#	86		
		CENTRO C: G	7E		
		CENTRO C: G#	77		
		CENTRO C: A	70		
		CENTRO C: B	64		

Figura 2.6: Costanti delle note

Esercizio 2-1: *Impiegando la tabella della Fig. 2.6, calcolate la frequenza corrispondente, e controllate se le costanti sono state scelte correttamente.*

Calcolo delle durate delle note

La tabella DURTAB memorizza le durate delle note espresse in numeri equivalenti al numero di semi-periodi di ciascuna nota. Queste durate sono state calcolate per implementare una durata uniforme di circa 0,2175 secondi per nota. Se D è la durata e T il periodo, risulta:

$$D \times T = 0{,}2175$$

dove D è espresso come numero di periodi. Poichè, in pratica, sono impiegati i semi-periodi, il numero richiesto di semi-periodi è:

$$D' = 2D = 2 \times 0{,}2175 \times N$$

Per esempio, nel caso del centro C:

$D = 2 \times 0{,}2175 \times 261{,}62 = 133{,}8 \simeq 114$ decimale (oppure 72 esadecimale)

Esercizio 2-2: *Calcolare le durate delle note impiegando l'equazione precedente e la tabella di frequenze della Fig. 2.5 (che richiede di essere espansa). Si verifichi inoltre che ci sia accordo con i numeri della tabella DURATAB all'indirizzo 2D1. (Vedere Fig. 2.9).*

Implementazione del Programma

Il programma è stato strutturato in due parti logiche. La Fig. 2.7 riporta il corrispondente diagramma di flusso. La prima parte del programma è responsabile della raccolta delle note e dell'inizio alla label "NUMKEY". (Il programma appare in Fig. 2.9). La seconda parte inizia alla label "PLAYEM" ed ha la funzione di eseguire le note memorizzate. Entrambe le parti del programma impiegano la subroutine PLAYNOTE che preleva le costanti delle note e delle durate, ed esegue la nota. Questa routine inizia alla label "PLAYIT" ed il relativo diagramma di flusso è riportato in Fig. 2.8.

Le principali routine si chiamano rispettivamente NXKEY, NUMKEY e BEEP3 per il programma di raccolta delle note e PLAYEM e DELAY per il programma di esecuzione delle note. Infine le routine di utilità comune sono TONE e PLAYIT.

Esaminiamo in dettaglio queste routine. Il programma risiede agli indirizzi di memoria da 200 in poi. Si noti che il programma, come la maggior parte di quelli di questo libro, assume la disponibilità della routine GETKEY descritta al Capitolo 1.

Il modo di operare della routine GETKEY è immediato. La successiva chiusura di tasto è ottenuta chiamando la routine GETKEY:

```
START     LDA #0
          STA PILEN   Inizializza la lunghezza della lista a 0
          CLC
NXKEY     JSR GETKEY
```

Il valore letto viene quindi confrontato con le costanti "15" e "14" per l'azione speciale. Se non c'è uguaglianza, la costante viene memorizzata nella lista delle note impiegando la routine NUMKEY.

```
          CMP #15
          BNE NXTST
          JSR BEEP3
          BCC START
NXTST     CMP #14
          BNE NUMKEY
          JSR PLAYEM
          CLC
          BCC NXKEY
```

Esercizio 2-3: *Perchè si utilizzano le ultime due istruzioni di questa routine invece di un salto incondizionato? Quali sono i vantaggi e gli svantaggi di questa tecnica?*

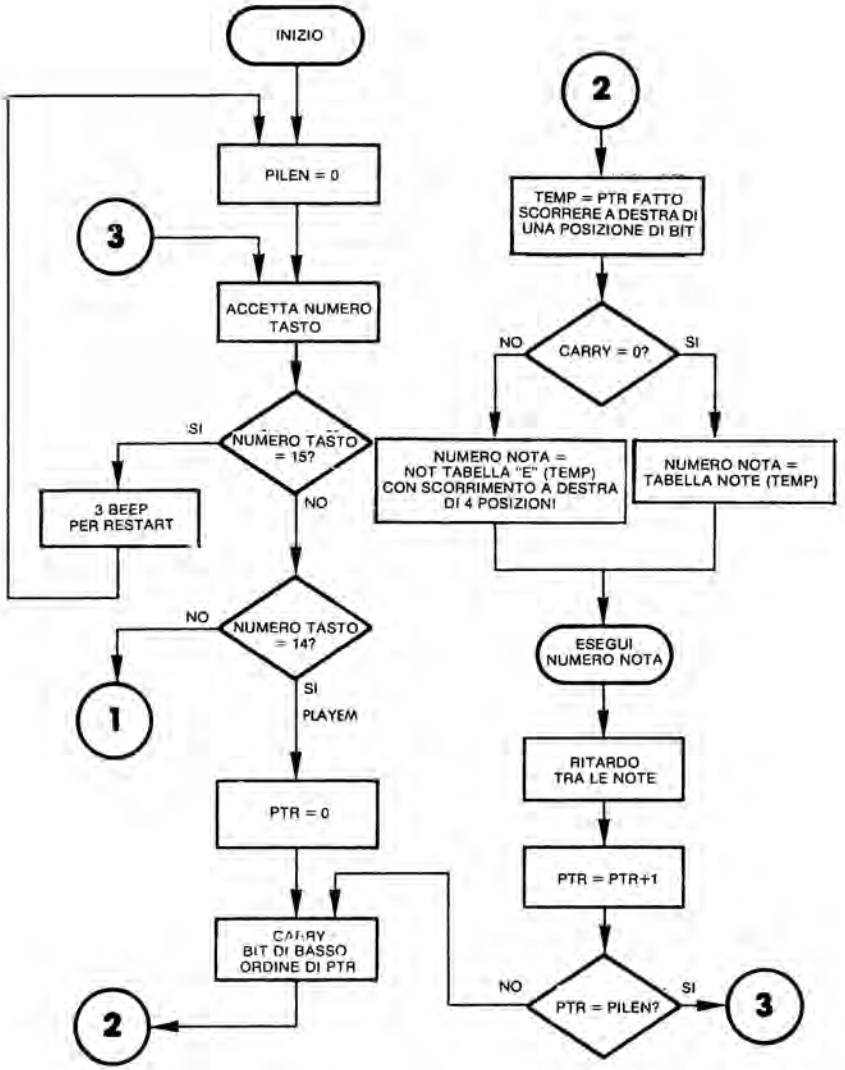


Figura 2.7: Diagramma di flusso per la generazione della musica

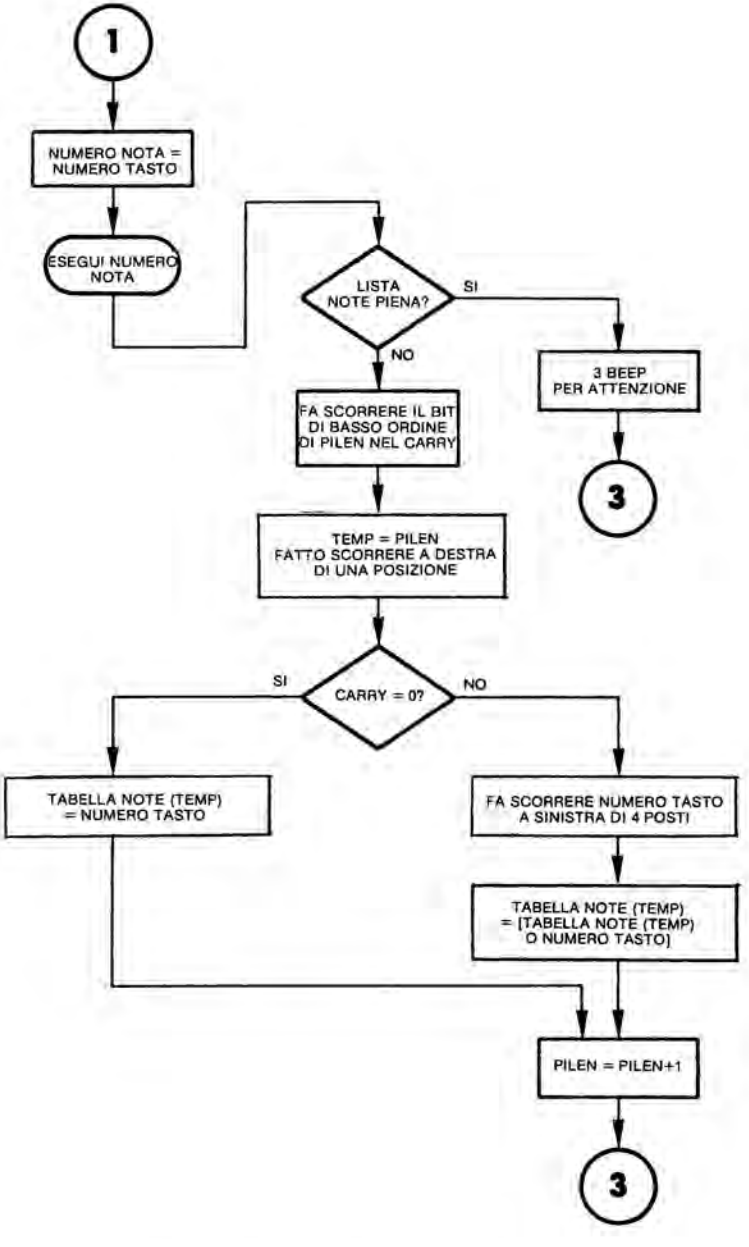


Figura 2.7 Diagramma di flusso per la generazione della musica (continua)

Figura 2.8: Diagramma di flusso PLAYIT

```
                ;     PROGRAMMA GIOCO MUSICALE
                ;     IMPIEGA UNA TASTIERA DI 16 TASTI ED UN ALTOPARLANTE
                ; BUFFERED. IL PROGRAMMA ESEGUE LE NOTE MUSICALI
                ; MEMORIZZATE. ESISTONO DUE MODI DI FUNZIONAMENTO:
                ; INGRESSO ED ESECUZIONE. IL MODO D'INGRESSO
                ; VIENE ESCLUSO E TUTTI I TASTI PREMUTI (0-D) SONO
                ; MEMORIZZATI PER LA RIESECUZIONE. SE SI VERIFICA
                ; UN OVERFLOW, L'UTENTE VIENE AVVERTITO CON UN
                ; SEGNALE DI TRE TONI. LO STESSO TONO VARIABILE
                ; VIENE IMPIEGATO ANCHE PER SEGNALARE UN RESTART
                ; DEL PROGRAMMA.
                ;
                GETKEY  = $ 100
                PILEN   = $ 00          ; LUNGHEZZA DELLA LISTA DELLE NOTE
                TEMP    = $ 01          ; MEMORIZZAZIONE TEMPORANEA
                PTR     = $ 02          ; LOCAZIONE CORRENTE NELLA LISTA
                FREQ    = $ 03          ; MEMORIZZAZIONE TEMPORANEA DELLA
                                        ; FREQUENZA
                DUR     = $ 04          ; MEMORIZZAZIONE TEMPORANEA DELLA
                                        ; DURATA
                TABEG   = $ 300         ; TABELLA DELLA MUSICA MEMORIZZATA
                OPB     = $ AC00        ; PORTA D'USCITA B DEL VIA
                DDRB    = $ AC02        ; REGISTRO DIREZIONE DELLA PORTA B
                                        ; DEL VIA
                        = $ 200         ; ORIGINE
                ;
                ; INTERPRETE LINEA COMANDO
                ;  $F COME INGRESSO SIGNIFICA RESET PUNTATORI, RESTART.
                ;  $E SIGNIFICA NOTE MEMORIZZATE CORRENTEMENTE ESEGUITE
                ;  NIENT'ALTRO È MEMORIZZATO PER LA RIESECUZIONE
                ;
0200:  A9 00    ; START LDA # 0         ; AZZERA LA LUNGHEZZA DELLA LISTA
                                        ; DELLE NOTE
0202:  85 00            STA PILEN
0204:  18               CLC             ; AZZERA L'INDICATORE DI NIBBLE
0205:  20 00 01 NXKEY   JSR GETKEY
0208:  C9 0F            CMP # 15        ; È IL TASTO # 15?
020A:  D0 05            BNE NXTST       ; NO, ESEGUI UN ALTRO TEST
020C:  20 87 02         JSR BEEP3       ; AVVERTI L'UTENTE PER L'AZZERAMENTO
020F:  90 EF            BCC START       ; AZZERA I PUNTATORI ED INIZIA DI NUOVO
0211:  C9 0E    NXTST   CMP # 14        ; È IL TASTO # 14?
0213:  D0 06            BNE NUMKEY      ; NO, IL TASTO È IL NUMERO DELLE NOTE
0215:  20 48 02         JSR PLAYEM      ; ESEGUI LE NOTE
0218:  18               CLC
0219:  90 EA            BCC NXKEY       ; ACCETTA IL COMANDO SUCCESSIVO
                ;
                ; ROUTINE PER CARICARE LA LISTA DELLE NOTE CON LE NOTE
                ;
021B:  85 01    NUMKEY STA TEMP         ; SALVA TASTO, LIBERA A
021D:  20 70 02         JSR PLAYIT      ; ESEGUI LA NOTA
0220:  A5 00            LDA PILEN       ; ACCETTA LA LUNGHEZZA DELLA LISTA
0222:  C9 FF            CMP # $ FF      ; OVERFLOW?
0224:  D0 05            BNE OK          ; NO, AGGIUNGI LA NOTA ALLA LISTA
0226:  20 87 02         JSR BEEP3       ; SI, AVVERTI L'UTENTE
0229:  90 DA            BCC NXKEY       ; RITORNA AL MODO D'INGRESSO
022B:  4A       OK      LSR A           ; FA SCORRERE IL BIT BASSO NEL
                                        ; PUNTATORE DEL NIBBLE
022C:  A8               TAY             ; IMPIEGA IL PUNTATORE DEL NIBBLE
                                        ; FATTO SCORRERE
                                        ; COME REGISTRO INDICE
022D:  A5 01            LDA TEMP        ; RIPRISTINA # TASTO
022F:  B0 09            BCS FINBYT      ; SE IL BYTE HA GIA' UN NIBBLE,
                                        ; FINISCILO E MEMORIZZALO
```

Fig. 2.9: Programma per la generazione della musica

```
0231:  29 0F              AND # %00001111; PRIMO NIBBLE, MASCHERA IL NIBBLE
                                         ; ALTO
0233:  99 00 03           STA TABEG,Y    ; SALVA IL 1/2 BYTE NON TERMINATO
0236:  E6 00              INC PILEN      ; PUNTA AL NIBBLE SUCCESSIVO
0238:  90 CB              BCC NXKEY      ; ACCETTA LA PRESSIONE DI TASTO
                                         ; SUCCESSIVA
023A:  0A        FINBYT   ASL A          ; FA SCORRERE IL NIBBLE 2 ALL'ORDINE
                                         ; ELEVATO
023B:  0A                 ASL A
023C:  0A                 ASL A
023D:  0A                 ASL A
023E:  19 00 03           ORA TABEG,Y    ; UNISCI 2 NIBBLE IN UN BYTE
0241:  99 00 03           STA TABEG,Y    ; ... E MEMORIZZALO
0244:  E6 00              INC PILEN      ; PUNTA AL NIBBLE SUCCESSIVO NEL BYTE
                                         ; SUCCESSIVO
0246:  90 BD              BCC NXKEY      ; RITORNO


                 ;
                 ; ROUTINE PER L'ESECUZIONE DELLE NOTE
                 ;
0248:  A2 00     PLAYEM   LDX # 0        ; AZZERA PUNTATORE
024A:  86 02              STX PTR
024C:  A5 02              LDA PTR        ; CARICA ACCUM CON IL VALORE
                                         ; DEL PUNTATORE CORRENTE
024E:  4A        LOOP     LSR A          ; SCORRIMENTO DELL'INDICATORE
                                         ; NIBBLE NEL CARRY
024F:  AA                 TAX            ; USA IL PUNTATORE DEL NIBBLE FATTO
                                         ; SCORRERE
                                         ; COME PUNTATORE DI BYTE
0250:  BD 00 03           LDA TABEG,X    ; CARICA LA NOTA DA ESEGUIRE
0253:  B0 04              BCS ENDBYT     ; NIBBLE BASSO USATO, ACCETTA ALTO
0255:  29 0F              AND #%00001111 ; MASCHERA I BIT ALTI
0257:  90 06              BCC FINISH     ; ESEGUI LA NOTA
0259:  29 F0     ENDBYT   AND #%11110000 ; NIBBLE BASSO
025B:  4A                 LSR A          ; SCORRIMENTO IN BASSO
025C:  4A                 LSR A
025D:  4A                 LSR A
025E:  4A                 LSR A
025F:  20 70 02  FINISH   JSR PLAYIT     ; CALCOLA LE COSTANTI ED ESEGUI
0262:  A2 20              LDX # $ 20     ; RITARDO TRA LE NOTE
0264:  20 9C 02           JSR DELAY
0267:  E6 02              INC PTR        ; USATO UN NIBBLE
0269:  A5 02              LDA PTR
026B:  C5 00              CMP PILEN      ; FINE DELLA LISTA?
026D:  90 DF              BCC LOOP       ; NO, ACCETTA LA NOTA SUCCESSIVA
026F:  60                 RTS            ; FATTO
                 ;
                 ; ROUTINE PER CONSULTAZIONE DI TABELLA, PAUSA SEPARATA
                 ;
0270:  C9 0D     PLAYIT   CMP # 13       ; PAUSA?
0272:  D0 06              BNE SOUND      ; NO.
0274:  A2 54              LDX # $ 54     ; RITARDO = LUNGHEZZA NOTA = 0,21 SEC
0276:  20 9C 02           JSR DELAY
0279:  60                 RTS
027A:  AA        SOUND    TAX            ; USA # TASTO COME INDICE ...
027B:  BD D1 02           LDA DURTAB,X   ; ... PER TROVARE LA DURATA.
027E:  85 04              STA DUR        ; MEMORIZZA LA DURATA PER L'IMPIEGO
0280:  BD C4 02           LDA NOTAB,X    ; CARICA IL VALORE DELLA NOTA
0283:  20 A8 02           JSR TONE
0286:  60                 RTS
                 ;
                 ; ROUTINE PER ESEGUIRE UN SEGNALE DI TRE TONI
                 ;
```

Fig. 2.9: Programma per la generazione della musica (continua)

```
0287:  A9 FF      BEEP3  LDA  # $ FF      ; DURATA DEI BEEP
0289:  85 04             STA  DUR
028B:  A9 4B             LDA  # $ 4B     ; CODICE DI E2
028D:  20 A8 02          JSR  TONE       ; PRIMA NOTA
0290:  A9 38             LDA  # $ 38     ; CODICE DI D2
0292:  20 A8 02          JSR  TONE
0295:  A9 4B             LDA  # $ 4B
0297:  20 A8 02          JSR  TONE
029A:  18                CLC
029B:  60                RTS
                 ;
                 ; RITARDO DI LUNGHEZZA VARIABILE
                 ;
029C:  A0 FF      DELAY  LDY  # $ FF
029E:  EA         DLY    NOP
029F:  D0 00             BNE .+ 2
02A1:  88                DEY
02A2:  D0 FA             BNE DLY         ; CICLO DI 10 MICROSEC
02A4:  CA                DEX
02A5:  D0 F5             BNE DELAY       ; TEMPO DI CICLO = 2556 * [X]
02A7:  60                RTS
                 ;
                 ; ROUTINE PER ESEGUIRE UN TONO: IL # DI MEZZI CICLI
                 ; È IN "DUR" ED IL TEMPO DI 1/2 CICLO È IN A.
                 ; TEMPO DI CICLO = 20 * [A] + 26 MICROSEC
                 ; POICHÈ DUE PASSAGGI DEL CICLO ESTERNO GENERANO
                 ; UN CICLO DEL TONO
                 ;
02A8:  85 03      TONE   STA  FREQ        ; LA FREQ È TEMP PER NUM DI CICLI
02AA:  A9 FF             LDA  #$FF       ; PREDISPONI IL REG DI DIREZIONE DATI
02AC:  8D 02 AC          STA  DDRB
02AF:  A9 00             LDA  #$00       ; A È INVIATO ALLA PORTA, START HI
02B1:  A6 04             LD   DUR
02B3:  A4 03      FL2    LDY  FREQ
02B5:  88         FL1    DEY
02B6:  18                CLC
02B7:  90 00             BCC .+2
02B9:  D0 FA             BNE FL1         ; CICLO INTERNO DI 10 MICROSEC
02BB:  49 FF             EOR #$FF        ; COMPLEMENTA LA PORTA DI I/O
02BD:  8D 00 AC          STA OPB         ; ... E PREDISPONILA
02C0:  CA                DEX
02C1:  D0 F0             BNE FL2         ; CICLO ESTERNO
02C3:  60                RTS
                 ; TABELLA DELLE COSTANTI DELLE NOTE
                 ; CONTIENE:
                 ; [OTTAVE SOTTO IL CENTRO C] : G,A,B
                 ; [OTTAVE DEL CENTRO C] : C,D,E,F,F,#,G,G,#,A,B
                 ; [OTTAVE SOPRA IL CENTRO C] : C
                 ;
02C4:  FE         NOTAB  .BYT $FE,$E2,$C9,$BE,$A9,$96,$8E
02C5:  E2
02C6:  C9
02C7:  BE
02C8:  A9
02C9:  96
02CA:  8E
02CB:  86                .BYT $86,$7E,$77,$70,$64,$5E
02CC:  7E
02CD:  77
02CE:  70
02CF:  64
02D0:  5E
                 ; TABELLA DELLE DURATE DELLE NOTE IN # DI 1/2 CICLI
                 ; PREDISPOSTA PER UNA LUNGHEZZA DELLA NOTA DI CIRCA 0,21 SEC.
```

Fig. 2.9: Programma per la generazione della musica (continua)

```
                ;
02D1:  55       DURTAB:BYT $55,$60,$6B,$72,$80,$8F,$94
02D2:  60
02D3:  6B
02D4:  72
02D5:  80
02D6:  8F
02D7:  94
02D8:  A1                  .BYT $A1,$AA,$B5,$BF,$D7,$E4
02D9:  AA
02DA:  B5
02DB:  BF
02DC:  D7
02DD:  E4

SYMBOL TABLE:
GETKEY   0100    PILEN    0000    TEMP     0001
PTR      0002    FREQ     0003    DUR      0004
TABEG    0300    OPB      AC000   DDRB     AC02
START    0200    NXKEY    0205    NXTST    0211
NUMKEY   021B    OK       022B    FINBYT   023A
PLAYEM   0248    LOOP     024E    ENDBYT   0259
FINISH   025F    PLAYIT   0270    SOUND    027A
BEEP3    0287    DELAY    029C    DLY      029E
TONE     02A8    FL2      02B3    FL1      02B5
NOTAB    02C4    DURTAB   02D1

%
```

Fig. 2.9: Programma per la generazione della musica (continua)

Ogni volta che viene premuto il tasto numero 15 viene eseguita una speciale routine di tre toni chiamata BEEP3. La routine BEEP3 si trova all'indirizzo 0287. Essa esegue tre note in rapida successione per indicare all'utente che le note che si trovavano in memoria sono state cancellate. La cancellazione viene eseguita dal reset a zero della lunghezza della lista PILEN. La routine corrispondente è la seguente:

```
BEEP3    LDA #$FF      Costante di durata del beep
         STA DUR
         LDA #$4B      Codice di E2
         JSR TONE      Prima nota
         LDA #$38      Codice di D2
         JSR TONE      Seconda nota
         LDA #$4B      Codice di E2
         JSR TONE      Terza nota
         CLC
         RTS
```

Il suo modo di operare è immediato.

La routine NUMKEY salverà nella memoria il codice corrispondente alla nota. Come nel caso del programma della telescrivente, il computer invierà l'eco del carattere che è stato premuto sotto forma di un suono udibile. In altre parole, ogni volta che viene premuto un tasto, il programma esegue la nota corrispondente. Questo viene eseguito dalle due istruzioni successive:

```
NUMKEY    STA TEMP
          JSR PLAYIT
```

Si esegue quindi il controllo di overflow della lunghezza della lista. Se si verifica una situazione di overflow, si avverte l'operatore con la sequenza di tre toni BEEP3:

```
          LDA PILEN      Accetta la lunghezza della lista
          CMP #$FF       Overflow?
          BNE OK         No: aggiungi la nota alla lista
          JSR BEEP3      Si: avverti l'operatore
          BCC NXKEY      Leggi il tasto successivo
```

In caso contrario, il nuovo nibble (4 bit), corrispondente al numero di identificazione della nota, viene fatto scorrere nella lista:

```
OK        LSR A          Fa scorrere il bit basso nel
                         puntatore del nibble
          TAY            Usalo come indice del byte
          LDA TEMP       Ripristina il numero del tasto
```

Notate che il puntatore del nibble viene diviso per due e diventa un indice del byte. Esso viene quindi memorizzato nel registro Y, che verrà impiegato successivamente per eseguire un accesso indicizzato alla locazione corretta del byte all'interno della tabella (STA TABEG,Y).

A seconda del valore del bit che è stato fatto scorrere nel carry, il nibble viene memorizzato nella parte alta o nella parte bassa dell'ingresso della tabella. Ogni volta che il nibble deve essere salvato nella posizione di ordine elevato del byte, è necessario uno scorrimento a sinistra di 4 bit, che richiede quattro istruzioni:

```
          BCS  FINBYT       Test se il bit ha un nibble
          AND  #%00001111   Maschera il nibble superiore
          STA  TABEG,Y      Salva
          INC  PILEN        Nibble successivo
          BCC  NXKEY
```

```
FINBYT    ASL A
          ASL A
          ASL A
          ASL A
```

Infine è possibile salvarlo all'appropriato indirizzo della tabella:

```
ORA TABEG,Y
STA TABEG,Y
```

Il puntatore viene incrementato e viene esaminato il tasto successivo:

```
INC PILEN
BCC NXKEY
```

Esaminiamo questa tecnica con un esempio. Supponiamo:

```
PILEN = 9        (lunghezza della lista)
TEMP = 6         (tasto premuto)
```

L'effetto delle istruzioni è il seguente:

```
OK        LSR A        A conterrà 4, C conterrà 1
          TAY          Y = 4
          LDA TEMP     A = 6
          BCS FINBYT   C è 1 e si verifica
                       la ramificazione
```

La situazione nella lista è:

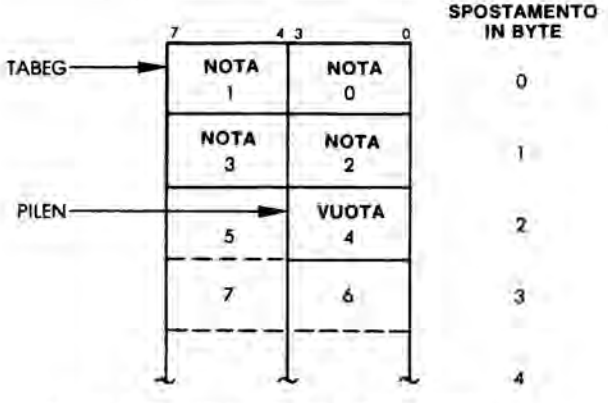


Figura 2.10: Ingresso di una nota nella lista

Si fa scorrere "6" nella posizione di ordine elevato di A:

```
FINBYT    ASL A
          ASL A
          ASL A
          ASL A          A = 60 (esadecimale)
```

Si scrive A nella tabella:

```
          ORG TABEG, Y   A = 16X (dove X è il nibble
                         precedente nella tabella)

          STA TABEG,Y    Sostituisci il vecchio nibble
                         con il nuovo
```

Le subroutine

Subroutine PLAYEM

Anche la routine PLAYEM è immediata. La locazione di memoria PTR viene impiegata come puntatore corrente al nibble della tabella delle note. Come prima, i contenuti del puntatore corrente al nibble sono fatti scorrere a destra e diventano un puntatore di byte. Il corrispondente ingresso alla tabella viene quindi caricato con l'impiego di un metodo di indirizzamento indicizzato:

```
PLAYEM    LDX #0
          STX PTR          PTR=0
          LDA PTR
LOOP      LSR A
          TAX
          LDA TABEG,X
          BCS ENDBYT
          AND #%00001111
          BCC FINISH
ENDBYT    AND #%11110000
          LSR A
          LSR A
          LSR A
          LSR A
```

In dipendenza del valore del bit fatto scorrere nel carry, viene estratto il nibble di ordine elevato o di basso ordine e caricato a sinistra nell'accu-

mulatore. Per ottenere le costanti opportune e per eseguire la nota viene utilizzata la subroutine PLAYIT descritta di seguito:

```
FINISH    JSR PLAYIT        Esegui la nota
```

Viene quindi implementato un ritardo tra due note consecutive, viene incrementato il puntatore corrente, si esegue un controllo di fine lista e si riesegue il ciclo:

```
          LDX #$20          Costante di ritardo
          JSR DELAY         Ritardo tra le note
          INC PTR           Impiegato un nibble
          LDA PTR
          CMP PILEN         Controllo per fine lista
          BCC LOOP          No: accetta un'altra nota
          RTS               Fatto
```

Subroutine PLAYIT

La subroutine PLAYIT esegue la nota oppure una pausa, secondo quanto specificato dal nibble che riceve dall'accumulatore. Questa subroutine è chiamata "PLAYNOTE" sul diagramma di flusso del programma. Essa preleva semplicemente la durata corretta della nota dalla tabella DURTAB e la salva all'indirizzo DUR (alla locazione di memoria 4). Successivamente carica il valore corretto del semi-periodo dalla tabella all'indirizzo NOTAB nel registro A, impiegando l'indirizzamento indicizzato, quindi chiama la subroutine TONE per eseguirlo:

```
PLAYIT    CMP #13           Controlla se cè
          BNE SOUND         No
          LDX #$54          Ritardo=0,21 sec (durata nota)
          JSR DELAY         Se era specificata pausa
          RTS
SOUND     TAX               Usa numero tasto come indice
          LDA DURTAB, X     Per ottenere la durata
          STA DUR
          LDA NOTAB, X
          JSR TONE
          RTS
```

Subroutine TONE

La subroutine TONE implementa la procedura di generazione della forma d'onda corretta precedentemente descritta, ed attiva l'altoparlante alla frequenza corretta per eseguire la nota specifica. Essa implementa un ciclo di ritardo convenzionale a due livelli annidati ed attiva l'altoparlante complementando la porta d'uscita dopo che è trascorso ogni ritardo specifico:

```
TONE        STA FREQ
```

L'ingresso A contiene il valore del semi-periodo. Quindi viene memorizzato in FREQ. La temporizzazione del ciclo è tale da generare all'uscita una lunghezza d'onda pari a:

$$(20 \times A + 26)\ \mu s$$

La porta B viene configurata come uscita:

```
            LDA #$FF
            STA DDRB
```

Vengono quindi inizializzati i registri. A viene settato per contenere il pattern (configurazione) dell'uscita. X è il contatore del ciclo esterno. Viene posto uguale al valore DUR che contiene il numero di semiperiodi all'istante di chiamata della subroutine:

```
            LDA #$00
            LDX DUR
```

Viene quindi inizializzato il contatore del ciclo interno Y a FREQ, la costante di frequenza:

```
FL2         LDY FREQ
```

e viene generato normalmente il ritardo del ciclo interno:

```
FL1         DEY
            CLC
            BCC .+2
            BNE FLI          Ciclo interno di 10 µs
```

Quindi viene fatta scattare la porta d'uscita mediante operazione di complemento:

```
EOR #$FF
STA OPB
```

e viene completato il ciclo esterno:

```
DEX
BNE  FL2
RTS
```

La subroutine DELAY è riportata in Fig. 2.9, inizia alla locazione di memoria 29C ed il suo esame è lasciato come esercizio.

SOMMARIO

Questo programma impiega un algoritmo molto semplice per la memorizzazione e l'esecuzione di accordi musicali. Tutti i dati e le costanti sono memorizzati sotto forma di tabelle. La temporizzazione viene implementata con cicli annidati. Per memorizzare e recuperare i dati vengono impiegate le tecniche di indirizzamento indicizzato. Il suono viene generato con un'onda quadra.

ESERCIZI

Esercizio 2-4: *Cambiate le costanti delle note per implementare una diversa gamma di note.*

Esercizio 2-5: *Caricate in memoria un accordo in progressione. Attivatelo premendo il tasto "0".*

Esercizio 2-6: *Riscrivete il programma in modo che memorizzi le note e le costanti della durata in memoria quando vengono caricate, e non sia necessario prelevarle quando viene eseguito l'accordo. Quali sono gli svantaggi di queste metodo?*

CAPITOLO 3

TRADUCI

LE REGOLE

Questo gioco viene condotto da due correnti. Ogni giocatore tenta di decifrare il più velocemente possibile i numeri codificati del computer. I giocatori tentano di indovinare a turno. Ogni volta il giocatore tenta di premere il tasto esadecimale corrispondente al numero di 4 bit visualizzato dal programma. Il programma tiene conto del tempo totale che un giocatore impiega per indovinare il numero. Il limite massimo è fissato in 17 secondi. Quando entrambi i giocatori hanno decodificato correttamente il numero, vengono confrontati i tempi di risposta per determinare chi vince il turno. Il giocatore che vince per primo dieci turni vince il gioco.

Il programma segnala il turno di ciascun giocatore visualizzando una freccia che punta a sinistra o a destra. Il gioco inizierà dal giocaotre di destra. La Fig. 3.1 mostra il "prompt" del programma.

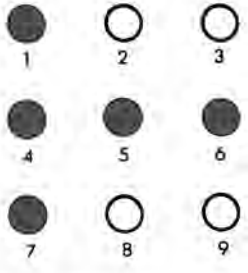


Figura 3.1: Segnale di pronto per il giocatore di destra

Dopo questo prompt del programma, trascorrerà un periodo di tempo casuale, quindi si illumina la riga in basso dei LED della Scheda Giochi. Il LED più a sinistra (LED # 10) segnala al giocatore di procede-

re. I quattro LED più a destra (i LED 12, 13, 14 e 15) visualizzano il numero binario codificato. Questo è mostrato in Fig. 3.2. In questo caso, il giocatore 1 dovrebbe chiaramente premere il tasto 5. Se il giocatore 1 indovina, il programma passa al giocatore 2. Altrimenti il giocatore 1 avrà un'altra possibilità fino ad un massimo di 17 secondi complessivi. Si può osservare che, per ogni numero presentato al giocatore, viene accumulato un tempo massimo di circa 17 secondi. Quando si raggiunge il massimo, la riga in basso si spegne e viene visualizzato un nuovo numero.

Il programma segnala il secondo turno del giocatore (il giocatore a sinistra) visualizzando una freccia a sinistra sui LED come mostrato in Fig. 3.3. Una volta che entrambi i giocatori hanno avuto a disposizione il loro turno per indovinare un digit binario, il programma segnalerà il vincitore illuminando i tre LED di destra o di sinistra della riga in basso. Il vincitore è il giocatore che ha impiegato il minor tempo. Il gioco si ripete fino a che un giocatore vincendo dieci volte ha vinto l'incontro. Il computer segnala il vincitore dell'incontro illuminando dieci volte i tre LED dal lato del corrispondente giocatore. Quindi il controllo viene restituito al SYM-1 monitor.

Figura 3.2: La riga in basso di LED visualizza il numero da indovinare

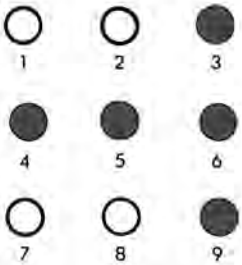


Figura 3.3: È il turno del giocatore 2 (giocatore di sinistra)

UN GIOCO TIPICO

Viene visualizzata una freccia a destra. Appare una particolare disposizione dei LED sulla riga in basso: 10, 13, 14 e 15. Il giocatore a destra

(giocatore 1) preme il tasto "C", e si spegne la riga in basso di LED, giacchè la risposta non è esatta. Poichè il giocatore 1 non ha indovinato, ha la possibilità di effettuare un altro tentativo. Si illuminano i LED 13, 14 e 15 ed il giocatore preme il tasto "7". Questa volta la risposta è esatta e si illumina la freccia a destra, indicando il turno del secondo giocatore (giocatore 2). Questa volta il numero proposto è 10, 12 e 15. Il giocatore di sinistra preme il tasto "9". A questo punto si illuminano i LED 10, 11 e 12 indicando che il giocatore 2 è il vincitore del turno in quanto ha impiegato il minor tempo totale per fornire una risposta esatta.

Altro tentativo. Si illumina la freccia a destra: il numero da tradurre appare nei LED 10, 13, 14 e 15. Il giocatore 1 preme il tasto "7" ed appare una freccia a sinistra. Il numero successivo accende i LED 10 e 14. Il giocatore 2 preme il tasto "2". Anche questa volta si accendono i tre LED di sinistra in quanto il giocatore 2 è stato più veloce del giocatore 1 nel fornire la risposta corretta.

L'ALGORITMO

La Fig. 3.4 riporta il diagramma di flusso corrispondente al programma. Viene implementato un primo ciclo di attesa per misurare il tempo impiegato dal giocatore 1 per risponder correttamente. Una volta che il giocatore 1 ha risposto correttamente, il suo tempo totale viene accumulato in una variabile chiamata TEMP. È quindi la volta del giocatore 2, viene implementato un ciclo di attesa analogo. Quando entrambi i giocatori hanno indovinato vengono confrontati i tempi rispettivi. Vince il giocatore che ha impiegato il minor tempo con l'indicazione a sinistra o a destra, come indicato dalle label 1 e 2 sul diagramma di flusso di Fig. 3.4. Per il conteggio del numero di giochi vinti da un giocatore specifico viene impiegata una variabile secondaria PLYR1 oppure PLYR2. Ad ogni vincita di un giocatore questa variabile viene incrementata e si verifica se si è raggiunto il valore 10. In caso contrario si inizia un nuovo gioco. Se si raggiunge il valore 10, il giocatore con questo punteggio viene dichiarato vincitore dell'incontro.

IL PROGRAMMA

Il programma corrispondente impiega soltanto una struttura dati significativa. Si chiama NUMTAB e viene impiegata per facilitare la visualizzazione del numero binario casuale sui LED. Si ricordi che il LED # 10 deve essere sempre illuminato (è il LED che indica di procedere). Invece il LED 11 deve essere sempre spento. I LED 12, 13, 14 e 15 vengono impiegati per visualizzare il numero binario. Si ricordi inoltre che la posizione di bit 6 della Porta 1B non viene utilizzata. Conseguente-

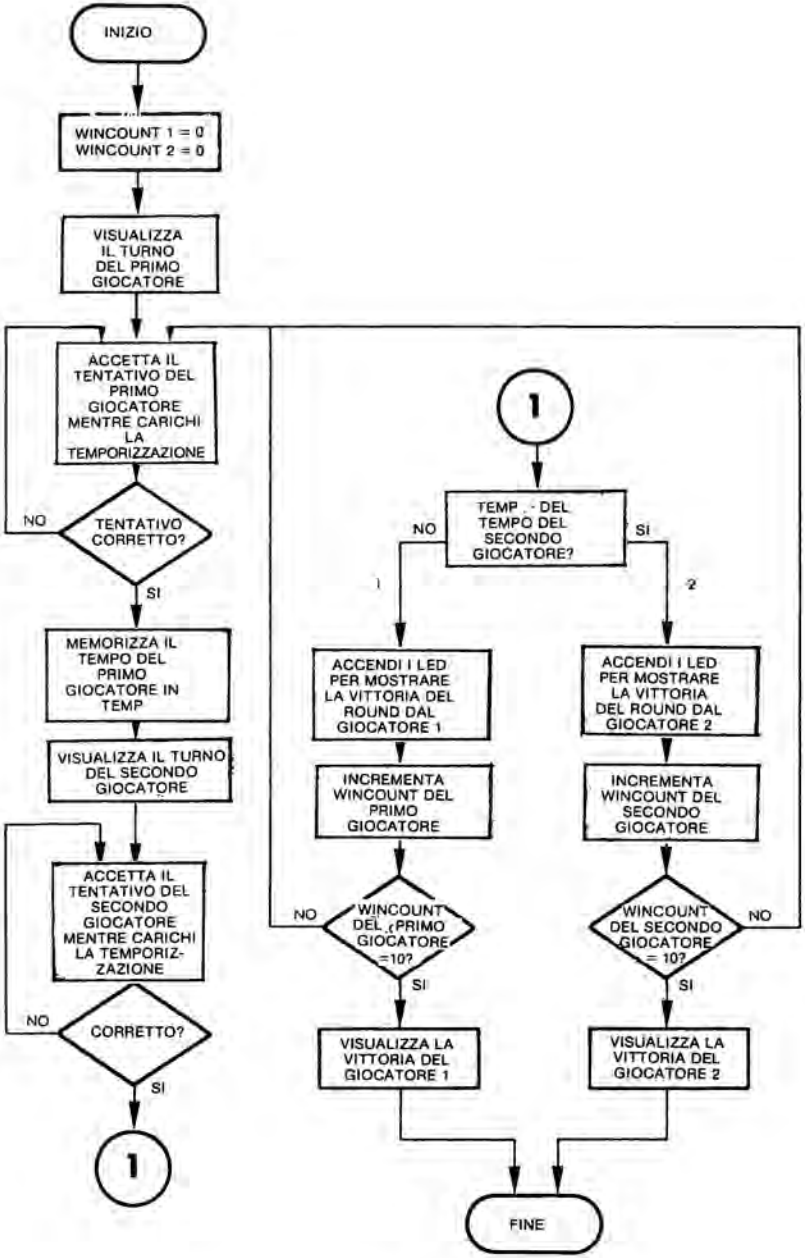
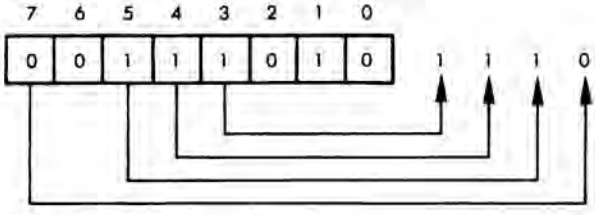


Figura 3.4: Diagramma di flusso di Traduci

mente la visualizzazione di uno "0" si ottiene inviando in uscita il pattern "00000010". Invece la visualizzazione di un "1" viene ottenuta con la configurazione "10000010". La visualizzazione di un "3" si ottiene con "10100010", e così via. (Vedere Fig. 3.5).

Le configurazioni complete corrispondenti a tutte le sedici possibilità sono memorizzate nella tabella NUMTAB (Vedere la Fig. 3.6). Esaminiamo, per esempio, l'ingresso 14 di NUMTAB (Vedere la linea 0060 del programma). Esso vale "00111010". Il numero binario corrispondente da visualizzare sarà perciò: "00111".



Si tratta di "1110" ovvero 14. Si ricordi che il bit 6 di questa porta è sempre "0".

Area di memoria inferiore

Le locazioni di memoria da 0 a 10 vengono impiegate per memorizzare le variabili temporanee e la tabella NUMTAB. Le funzioni delle variabili sono:

TEMP	Memorizzazzione per la lunghezza casuale del ritardo
CNTHI, CNTLO	Tempo impiegato da un giocatore per premere il tasto
CNT1H, CNT1L	Tempo impiegato dal giocatore 1 per premere il tasto (memorizzazione permanente)
PLYR1	Punteggio del giocatore 1 (numero di turni vinti fino a quel momento, fino ad un massimo di dieci)
PLYR2	Stessa cosa per il giocatore 2
NUMBER	Numero casuale da indovinare
SCR e successive	Area Scratch utilizzata dal generatore di numeri casuali

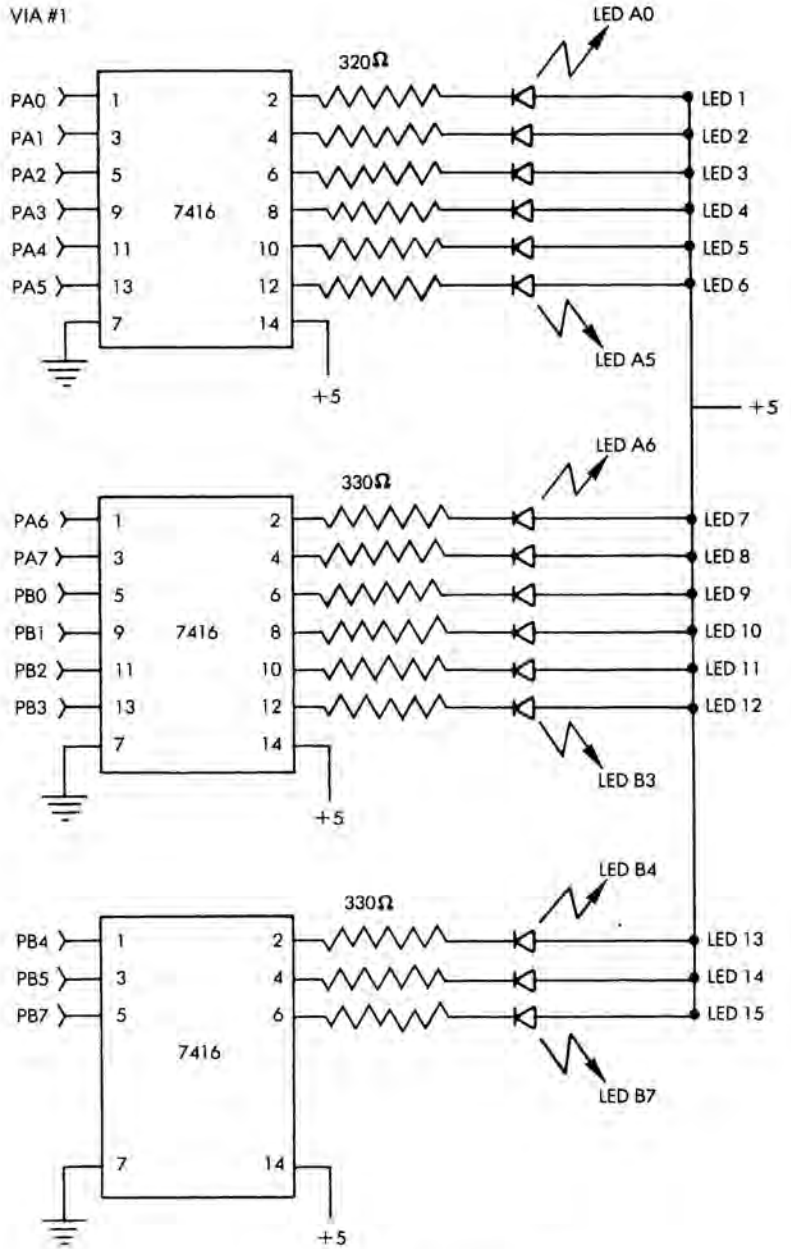


Figura 3.5: Connessioni dei LED

Nell'assembler listing, il metodo impiegato per riservare le locazioni di memoria, in questo programma, è diverso dal metodo impiegato dal programma del Capitolo 2. Nel programma del GIOCO MUSICALE la memoria è stata riservata alle variabili dichiarando semplicemente il valore dei simboli che rappresentano le locazioni delle variabili, per mezzo dell'istruzione:

<NOME DELLA VARIABILE> = <INDIRIZZO DI MEMORIA>

In questo programma il contatore delle locazioni dell'assemblatore viene incrementato mediante espressioni del tipo:

$$* = * + n$$

Sostanzialmente, i simboli delle locazioni delle variabili in questo programma sono dichiarati come "label", mentre nel programma MUSICALE sono dei "simboli" veri e propri o "simboli di costanti".

Il programma di questo capitolo è costituito da una routine principale, chiamata MOVE e da cinque subroutine: PLAY, COUNTER, BLINK, DELAY e RANDOM. Esaminiamole. I registri di direzione dati A e B dei VIA # 1 e # 3 della scheda devono essere preliminarmente inizializzati. DDR1A, DDR1B e DDR3B sono configurati come uscite:

```
START       LDA #$FF
            STA DDR1A
            STA DDR1B
            STA DDR3B
```

DDR3A è condizionto come ingresso:

```
            LDA #0
            STA DDR3A
```

Infine vengono inizializzate a zero le variabili PLYR1 e PLYR2, utilizzate per accumulare il numero di vincite di ciascun giocatore:

```
            STA PLYR1
            STA PLYR2
```

Si entra quindi nel corpo principale di MOVE. Verrà visualizzata una freccia a destra per indicare il turno del giocatore 2. La Fig. 3.5 mostra le connessioni dei LED. Per visualizzare una freccia a destra, occorre illuminare i LED 1, 4, 5, 6 e 7 (si faccia riferimento anche alla Fig. 3.1). Questo viene ottenuto inviando il codice appropriato alla Porta 1A:

```
MOVE    LDA #%01111001
        STA PORT1A      Visualizza una freccia a destra
```

La linea in basso di LED deve essere spenta:

```
        LDA #0
        STA PORT1B
```

Infine, occorre azzerare i contatori che misurano il tempo trascorso:

```
        STA CNTLO
        STA CNTHI
```

Siano pronti per iniziare il gioco:

```
        JSR PLAY
```

La routine PLAY verrà descritta più avanti. Essa ritorna alla routine chiamante con la misura del tempo trascorso immagazzinata nelle locazioni CNTLO e CNTHI.

Supponiamo di tornare al programma principale (linea 0082 della Fig. 3.6). La durata del tempo trascorso che è stata accumulata nelle locazioni CNTLO e CNTHI dalla routine PLAY viene salvata in un set di locazioni permanenti riservate al giocatore 1 e chiamate CNT1L, CNT1H:

```
        LDA CNTLO
        STA CNT1L
        LDA CNTHI
        STA CNT1H
```

Successivamente è il turno del giocatore 2 e viene visualizzata una freccia a sinistra. Questo viene ottenuto accendendo i LED 3, 4, 5 e 6:

```
        LDA #%000111100  Visualizza una freccia a
                         sinistra
        STA PORT1A
```

Quindi viene acceso il LED #9 per completare la freccia a sinistra:

```
        LDA #1
        STA PORT1B
```

```
LINE # LOC   CODE
                        LINE

0002  0000              ; 'TRADUCI'
0003  0000              ; PROGRAMMA PER IL TEST DELLA VELOCITA' DI 2 GIOCATORI
0004  0000              ; NELLA TRADUZIONE DI UN NUMERO BINARIO IN UN SINGOLO
0005  0000              ; DIGIT ESADECIMALE. IL TURNO DI CIASCUN GIOCATORE
                        ; VIENE
0006  0000              ; MOSTRATO DA UN PUNTATORE A SINISTRA
0007  0000              ; O A DESTRA.
0008  0000              ; IL NUMERO VERRA' RAPIDAMENTE LAMPEGGIATO
0009  0000              ; SUI LED 12-15, ACCOMPAGNATO DALL'ACCENSIONE DEL
                        ; LED # 10.
0010  0000              ; IL GIOCATORE DEVE QUINDI PREMERE IL PULSANTE
                        ; CORRISPONDENTE.
0011  0000              ; DOPO I TENTATIVI DI ENTRAMBI I GIOCATORI, I RISULTATI
0012  0000              ; VENGONO MOSTRATI SULLA RIGA IN BASSO.
0013  0000              ; DOPO 10 VITTORIE, VENGONO LAMPEGGIATI I RISULTATI
0014  0000              ; DI UN GIOCATORE, INDICANDO IL MIGLIOR GIOCATORE.
0015  0000              ; QUINDI IL GIOCO RICOMINCIA
0016  0000              ;
0017  0000              ; I/O:
0018  0000              ;
0019  0000              PORT1A = $A001        ; LED 1-8
0020  0000              PORT1B = $A000        ; LED 9-15
0021  0000              DDR1A  = $A003
0022  0000              DDR1B  = $A002
0023  0000              PORT3A = $AC01        ; INGRESSO STROBE DEL TASTO
0024  0000              PORT3B = $AC00        ; USCITA # TASTO
0025  0000              DDR3A  = $AC03
0026  0000              DDR3B  = $AC02
0027  0000              ;
0028  0000              ; MEMORIZZAZIONE DELLE VARIABILI:
0029  0000              ;
0030  0000                      *+$0
0031  0000              ;
0032  0000              TEMP   *=*+1
0033  0001              CNTHI  *=*+1          ; MEMORIZZAZIONE TEMPORANEA DI
                                              ; AMT. DEL
0034  0002                      ; TEMPO IMPIEGATO DAL GIOCATORE PER
                                ; INDOVINARE
0035  0002              CNTL0  *=*+1
0036  0003              CNT1H  *=*+1          ; AMT. DEL TEMPO IMPIEGATO DAL
                                              ; GIOCATORE 1 PER INDOVINARE
0037  0004              CNT1L  *=*+1
0038  0005              PLYR1  *=*+1          ; PUNTEGGIO O NUMERO DI VITTORIE
                                              ; PER PLYR1
0039  0006              PLYR2  *=*+1          ; PUNTEGGIO DEL GIOCATORE 2
0040  0007              NUMBER*=*+1           ; MEMORIZZA NUMERO DA
                                              ; INDOVINARE
0041  0008              SCR    *=*+6          ; SCRATCHPAD PER GENERATORE
                                              ; NUM. CASUALI
0042  000E              ;
0043  000E              ; TABELLA DEI NUMERI 'INVERSI' PER IL DISPLAY
0044  000E              ; NEI BIT 3-8 DELLA PORTA1B, OPPURE LED 12-15
0045  000E              ;
0046  000E  02          NUMTAB.BYTE %00000010
0047  000F  82                 .BYTE %10000010
0048  0010  22                 .BYTE %00100010
0049  0011  A2                 .BYTE %10100010
0050  0012  12                 .BYTE %00010010
0051  0013  92                 .BYTE %10010010
0052  0014  32                 .BYTE %00110010
0053  0015  B2                 .BYTE %10110010
```

Figura 3.6: Programma Traduci

```
0054  0016  0A                .BYTE %00001010
0055  0017  8A                .BYTE %10001010
0056  0018  2A                .BYTE %00101010
0057  0019  AA                .BYTE %10101010
0058  001A  1A                .BYTE %00011010
0059  001B  9A                .BYTE %10011010
0060  001C  3A                .BYTE %00111010
0061  001D  BA                .BYTE %10111010
0062  001E
0063  001E                ; PROGRAMMA PRINCIPALE
0064  001E                ;
0065  001E                      *=$200
0066  0200                ;
0067  0200  A9 FF     START LDA # $ FF        ; IMPOSTA LE PORTE
0068  0202  8D 03 A0        STA DDR1A
0069  0205  8D 02 A0        STA DDR1B
0070  0208  8D 02 AC        STA DDR3B
0071  020B  A9 00           LDA # 0
0072  020D  8D 03 AC        STA DDR3A
0073  0210  85 05           STA PLYR1       ; AZZERA NUMERO DI VITTORIE
0074  0212  85 06           STA PLYR2
0075  0214  A9 79     MOVE  LDA #%01111001
0076  0216  8D 01 A0        STA PORT1A      ; VISUALIZZA FRECCIA A DESTRA.
0077  0219  A9 00           LDA # 0
0078  021B  8D 00 A0        STA PORT1B
0079  021E  85 02           STA CNTLO       ; AZZERA CONTATORI.
0080  0220  85 01           STA CNTHI
0081  0222  20 8C 02       JSR PLAY         ; ACCETTA IL TEMPO DEL PRIMO
                                            ; GIOCATORE.
0082  0225  A5 02           LDA CNTLO       ; TRASFERISCI IL CONTEGGIO
                                            ; TEMPO ALLA MEM. PERMANENTE
0083  0227  85 04           STA CNT1L
0084  0229  A5 01           LDA CNTHI
0085  022B  85 03           STA CNT1H
0086  022D  A9 3C           LDA #$00111100  ; VISUALIZZA FRECCIA A SINISTRA.
0087  022F  8D 01 A0        STA PORT1A
0088  0232  A9 01           LDA # 1
0089  0234  8D 00 A0        STA PORT1B
0090  0237  A9 00           LDA # 0
0091  0239  85 02           STA CNTLO       ; AZZERA CONTATORI.
0092  023B  85 01           STA CNTHI
0093  023D  20 8C 02       JSR PLAY         ; ACCETTA TEMPO GIOCATORE 2.
0094  0240  A5 01           LDA CNTHI       ; ACCETTA CONTEGGIO
                                            ; GIOCATORE 2 E ...
0095  0242  C5 03           CMP CNT1H       ; CONFRONTALO CON QUELLO
                                            ; DEL PRIMO GIOCATORE
0096  0244  F0 04           BEQ EQUAL       ; CONTROLLA I BYTE DI BASSO
                                            ; ORDINE PER DET. VINCITORE.
0097  0246  90 27           BCC PLR2        ; GIOCATORE 2 HA PUNTEGGIO
                                            ; PIU' PICCOLO, VISUALIZZALO.
0098  0248  B0 08           BCS PLR1        ; GIOCATORE 1 HA PUNTEGGIO
                                            ; PIU' PICCOLO, VISUALIZZALO.
0099  024A  A5 02     EQUAL LDA CNTLO       ; BYTE DI ORDINE ELEVATO SONO
                                            ; UGUALI. QUINDI
0100  024C                                  ; CONTROLLA QUELLI BASSI.
0101  024C  C5 04           CMP CNT1L       ; CONFRONTA I PUNTEGGI.
0102  024E  90 1F           BCC PLR2        ; VINCE IL GIOCATORE 2,
                                            ; VISUALIZZALO.
0103  0250  B0 00           BCS PLR1        ; VINCE IL GIOCATORE 1,
                                            ; VISUALIZZALO.
0104  0252  A9 F0     PLR1  LDA #%11110000  ; ACCENDI PARTE DESTRA RIGA IN
                                            ; BASSO
```

Figura 3.6: Programma Traduci (continua)

```
0105  0254  8D 00 A0          STA  PORT1B      ; PER MOSTRARE IL VINCITORE.
0106  0257  A9 00             LDA  # 0
0107  0259  8D 01 A0          STA  PORT1A      ; AZZERA I LED BASSI
0108  025C  A9 40             LDA  # $ 40      ; ATTENDI MENTRE VISUALIZZI IL
                                               ; VINCITORE.
0109  025E  20 E3 02          JSR  DELAY
0110  0261  E6 05             INC  PLYR1       ; IL GIOCATORE 1 VINCE UN'ALTRA
                                               ; VOLTA ...
0111  0263  A9 0A             LDA  # 10        ; ... HA VINTO 10 VOLTE?
0112  0265  C5 05             CMP  PLYR1
0113  0267  D0 AB             BNE  MOVE        ; SE NO, ESEGUI UN ALTRO ROUND.
0114  0269  A9 F0             LDA  #%11110000  ; SI, ACCETTA LA STRUTTURA DI
                                               ; LAMPEGGIO.
0115  026B  20 CB 02          JSR  BLINK       ; LAMPEGGIA IL LATO VINCENTE.
0116  026E  60                RTS              ; FINE GIOCO: RITORNO AL
                                               ; MONITOR.
0117  026F  A9 0E     PLR2    LDA  #%1110      ; ACCENDI IL LATO SINISTRO IN
                                               ; BASSO.
0118  0271  8D 00 A0          STA  PORT1B
0119  0274  A9 00             LDA  # 0
0120  0276  8D 01 A0          STA  PORT1A      ; AZZERA I LED BASSI.
0121  0279  A9 40             LDA  # $ 40      ; ATTENDI MENTRE VISUALIZZI IL
                                               ; VINCITORE.
0122  027B  20 E3 02          JSR  DELAY
0123  027E  E6 06             INC  PLYR2       ; IL GIOCATORE 2 HA VINTO UN
                                               ; ALTRO ROUND ...
0124  0280  A9 0A             LDA  # 10        ; ... NE HA VINTI 10?
0125  0282  C5 06             CMP  PLYR2
0126  0284  D0 8E             BNE  MOVE        ; SE NO, ESEGUI UN ALTRO ROUND.
0127  0286  A9 0E             LDA  #%1110      ; SI, ACCETTA LA STRUTTURA PER
                                               ; LAMPEGGIARE I LED.
0128  0288  20 CB 02          JSR  BLINK       ; FALLI LAMPEGGIARE.
0129  028B  60                RTS              ; FINE
0130  028C                ;
0131  028C                ; SUBROUTINE 'PLAY'
0132  028C                ; ACCETTA IL CONTEGGIO DEL TEMPO DI CIASCUN GIOCATORE
                          ; E, SE
0133  028C                ; NON INDOVINATO, IL GIOCATORE HA UN'ALTRA POSSIBILITA'.
0134  028C                ; IL NUOVO TEMPO SI SOMMA
0135  028C                ; AL PRECEDENTE
0136  028C                ;
0137  028C  20 F4 02  PLAY    JSR  RANDOM      ; ACCETTA IL NUMERO CASUALE.
0138  028F  20 E3 02          JSR  DELAY       ; RITARDO DI LUNGHEZZA
                                               ; CASUALE.
0139  0292  20 F4 02          JSR  RANDOM      ; ACCETTANE UN ALTRO.
0140  0295  29 0F             AND  # $ 0F      ; MANTIENILO INFERIORE A 16 PER
                                               ; L'IMPIEGO COME
0141  0297  85 07             STA  NUMBER      ; NUMERO DA INDOVINARE.
0142  0299  AA                TAX              ; USALO COME INDICE A ...
0143  029A  B5 0E             LDA  NUMTAB,X    ; ... ACCETTA LA STRUTTURA
                                               ; INVERSA DALLA TABELLA ...
0144  029C  0D 00 A0          ORA  PORT1B      ; PER VISUALIZZARE NEI LED 12-15.
0145  029F  8D 00 A0          STA  PORT1B
0146  02A2  20 B5 02          JSR  CNTSUB      ; ACCETTA LA PRESSIONE TASTO
                                               ; ED IL CONTEGGIO DURATA.
0147  02A5  C4 07             CPY  NUMBER      ; LA PRESSIONE TASTO È UN
                                               ; TENTATIVO CORRETTO?
0148  02A7  F0 0B             BEQ  DONE        ; SE SI, FATTO.
0149  02A9  A9 01             LDA  # 01        ; NO: CANCELLA IL VECCHIO
                                               ; TENTATIVO DAI LED.
0150  02AB  2D 00 A0          AND  PORT1B
0151  02AE  8D 00 A0          STA  PORT1B
0152  02B1  4C 8C 02          JMP  PLAY        ; PROVA ANCORA CON UN ALTRO
                                               ; NUMERO.
```

Figura 3.6: Programma Traduci (continua)

```
0153  02B4  60          DONE   RTS              ; RITORNA CON LA DURATA IN
                                                ; CNTLO + CNTHI
0154  02B5             ;
0155  02B5             ; SUBROUTINE 'COUNTER'
0156  02B5             ; ACCETTA LA PRESSIONE DEL TASTO MENTRE CONSERVA
                       ; TRACCIA
0157  02B5             ; DELL'AMT DEL TEMPO PRIMA DELLA PRESSIONE TASTO.
0158  02B5             ;
0159  02B5  A0 0F      CNTSUB LDY # $ F          ; PREDISPONI IL CONTATORE DEL
                                                ; # TASTO.
0160  02B7  8C 00 AC KEYLP  STY  PORT3B          ; USCITA DEL # TASTO AL MPXR
                                                ; DELLA TASTIERA.
0161  02BA  2C 01 AC        BIT  PORT3A          ; TASTO PREMUTO?
0162  02BD  10 0B           BPL  FINISH          ; SE SI, FATTO.
0163  02BF  88              DEY                  ; CONTEGGIO # TASTO PREMUTO.
0164  02C0  10 F5           BPL  KEYLP           ; PROVA UN ALTRO TASTO.
0165  02C2  E6 02           INC  CNTLO           ; VERIFICATI TUTTI I TASTI.
                                                ; INCREMENTA CONTEGGIO.
0166  02C4  D0 EF           BNE  CNTSUB          ; SE NON OVERFLOW PROVA
                                                ; ANCORA I TASTI.
0167  02C6  E6 01           INC  CNTHI           ; INCREMENTA IL BYTE LATO PER
                                                ; OVERFLOW.
0168  02C8  D0 EB           BNE  CNTSUB          ; PROVA ANCORA I TASTI.
0169  02CA  60         FINISH RTS                ; FATTO: TEMPO SCADUTO OPPURE
                                                ; TASTO PREMUTO.
0170  02CB             ;
0171  02CB             ; SUBROUTINE 'BLINK'
0172  02CB             ; ESEGUE IL LAMPEGGIO DEI LED I CUI BIT SONO POSTI
                       ; NELL'ACCUMULATORE
0173  02CB             ; AL MOMENTO DELLA CHIAMATA.
0174  02CB             ;
0175  02CB  A2 14      BLINK  LDX  # 20          ; 20 LAMPEGGI.
0176  02CD  86 01           STX  CNTHI           ; PREDISPONI IL CONTATORE DEI
                                                ; LAMPEGGI.
0177  02CF  85 02           STA  CNTLO           ; REGISTRO DI LAMPEGGIO.
0178  02D1  A5 02      BLOOP  LDA  CNTLO         ; ACCETTA LA STRUTTURA DI
                                                ; LAMPEGGIO.
0179  02D3  4D 00 A0        EOR  PORT1B          ; LAMPEGGIA I LED.
0180  02D6  8D 00 A0        STA  PORT1B
0181  02D9  A9 0A           LDA  # 10            ; RITARDO BREVE.
0182  02DB  20 E3 02        JSR  DELAY
0183  02DE  C6 01           DEC  CNTHI
0184  02E0  D0 EF           BNE  BLOOP           ; RICICLA SE NON FATTO.
0185  02E2  60              RTS
0186  02E3             ;
0187  02E3             ; SUBROUTINE 'DELAY'
0188  02E3             ; I CONTENUTI DEL REG. A DETERMINANO LA LUNGHEZZA
                       ; DEL RITARDO.
0189  02E3             ;
0190  02E3  85 00      DELAY  STA  TEMP
0191  02E5  A0 10      DL1    LDY  # $ 10
0192  02E7  A2 FF      DL2    LDX  # $ FF
0193  02E9  CA         DL3    DEX
0194  02EA  D0 FD             BNE  DL3
0195  02EC  88                DEY
0196  02ED  D0 FB      BNE DL2
0197  02EF  C6 00             DEC  TEMP
0198  02F1  D0 F2             BNE  DL1
0199  02F3  60                RTS
0200  02F4             ;
0201  02F4             ; SUBROUTINE 'RANDOM'
0202  02F4             ; GENERATORE DI NUMERI CASUALI.
0203  02F4             ; RESTITUISCE IL NUMERO CASUALE NELL'ACCUMULATORE.
```

Figura 3.6: Programma Traduci (continua)

```
0204  02F4              ;
0205  02F4  38          RANDOMSEC
0206  02F5  A5 09               LDA SCR+1
0207  02F7  65 0C               ADC SCR+4
0208  02F9  65 0D               ADC SCR+5
0209  02FB  85 08               STA SCR
0210  02FD  A2 04               LDX # 4
0211  02FF  B5 08       RNDLP   LDA SCR,X
0212  0301  95 09               STA SCR+1,X
0213  0303  CA                  DEX
0214  0304  10 F9               BPL RNDLP
0215  0306  60                  RTS
0216  0307                      .END

SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE

BLINK   02CB    BLOOP   02D1    CNT1H   0003    CNT1L   0004
CNTHI   0001    CNTLO   0002    CNTSUB  02B5    DDR1A   A003
DDR1B   A002    DDR3A   AC03    DDR3B   AC02    DELAY   02E3
DL1     02E5    DL2     02E7    DL3     02E9    DONE    02B4
EQUAL   024A    FINISH  02CA    KEYLP   02B7    MOVE    0214
NUMBER  0007    NUMTAB  000E    PLAY    028C    PLR1    0252
PLR2    026F    PLYR1   0005    PLYR2   0006    PORT1A  A001
PORT1B  A000    PORT3A  AC01    PORT3B  AC00    RANDOM  02F4
RNDLP   02FF    SCR     0008    START   0200    TEMP    0000

END OF ASSEMBLY
```

Figura 3.6: Programma Traduci (continua)

Analogamente a prima avviene il reset a zero del contatore del tempo trascorso:

```
LDA #0
STA CNTLO
STA CNTHI
```

ed il giocatore 2 può giocare:

```
JSR PLAY
```

Quindi il tempo impiegato dal giocatore 2 viene confrontato a quello del giocatore 1. Se vince il giocatore 2, si verifica una ramificazione a PLR2. Se vince il giocatore 1 la ramificazione sarà PLR1. I byte di ordine elevato vengono confrontati per primi. Qualora essi siano uguali, vengono confrontati i byte di basso ordine:

```
LDA CNTHI
CMP CNT1H        Confronta i byte di
BEQ EQUAL
```

```
            BCC PLR2        Giocatore 2 ha tempo
                            inferiore?
            BCS PLR1        Oppure il giocatore 1?
EQUAL       LDA CNTLO       Confronta i due byte
            CMP CNT1L
            BCC PLR2
            CMP CNT1L
            BCC PLR2
            BCS PLR1
```

Una volta identificato il vincitore, viene illuminata la riga di LED che punta al vincitore. Vediamo cosa succede quando vince PLR1, per esempio. Vengono illuminati i tre LED all'estrema destra (i LED da 13 a 15):

```
PLR1        LDA #%11110000
            STA PORT1B
```

Gli altri LED sulla Scheda Giochi vengono spenti:

```
            LDA #0
            STA PORT1A
```

Viene quindi implementato un DELAY (ritardo) e siamo pronti per eseguire un altro gioco, fino ad un totale di dieci:

```
            LDA #$40
            JSR DELAY
```

Viene quindi incrementato il punteggio del giocatore 1:

```
            INC PLYR1
```

Si confronta il punteggio del giocatore con 10. Se è inferiore a 10 si ha un ritorno alla routine principale MOVE:

```
            LDA #10
            CMP PLYR1
            BNE MOVE
```

Altrimenti, è stato raggiunto il punteggio massimo di 10 ed il gioco è terminato. In questo caso vengono fatti lampeggiare i LED dal lato del vincitore:

```
        LDA #%11110000    Pattern di lampeggio
        JSR BLINK
        RTS
```

La sequenza corrispondente per il giocatore 2 è riportata all'indirizzo PLR2 (linea 117 in Fig. 3.6):

```
PLR2    LDA #%1110
        STA PORT1B
        LDA #0
        STA PORT1A
        LDA #$40
        JSR DELAY
        INC PLYR2
        LDA #10
        CMP PLYR2
        BNE MOVE
        LDA #%1110
        JSR BLINK
        RTS
```

Le subroutine

Subroutine PLAY

La subroutine PLAY preliminarmente attende un periodo di tempo casuale prima di visualizzare il numero binario. Questo viene ottenuto chiamando la subroutine RANDOM per ottenere il numero casuale, quindi la subroutine DELAY implementa il ritardo:

```
PLAY    JSR RANDOM
        JSR DELAY
```

La subroutine RANDOM verrà descritta in seguito. Viene quindi ottenuto un altro numero casuale. Esso viene scelto tra 0 e 15 compresi. Questo sarà il numero binario visualizzato sui LED. Esso viene memorizzato alla locazione NUMBER:

```
        JSR RANDOM
        ABD #0F           Poni a zero il nibble elevato
        STA NUMBER
```

La tabella NUMTAB, descritta all'inizio del capitolo 1,viene quindi impiegata per ottenere il pattern corretto di illuminazione dei LED con l'impiego dell'indirizzamento indicizzato. Il registro X contiene il numero tra 0 e 15 da visualizzare:

```
        TAX             Usa X come indice
        LDA NUMTAB,X    Recupera il pattern
```

Il pattern nell'accumulatore viene quindi memorizzato nel registro d'uscita in modo da illuminare i LED. Si noti che viene eseguito l'OR del pattern con i contenuti precedenti del registro d'uscita, cosicchè lo stato del LED 9 non viene cambiato:

```
        ORA PORT1B
        STA PORT1B
```

Una volta che il numero casuale è stato visualizzato in forma binaria sui LED, la subroutine attende finchè il giocatore ha premuto un tasto. Per questo scopo viene impiegata la subroutine CNTSUB:

```
        JSR CNTSUB
```

Anche questa subroutine verrà descritta in seguito.

Il valore restituito nel registro Y da questa subroutine viene confrontato con il numero da indovinare, che è memorizzato all'indirizzo di memoria NUMBER. Se il confronto è positivo, si esce. In caso contraric tutti i LED vengono spenti con un'operazione di AND, in modo da prevenire variazioni dello stato del LED 9 e si rientra nella subroutine. Si noti che il tempo rimanente per il giocatore sarà decrementato ogni volta che viene chiamata la subroutine CNTSUB. Qualora il decremento raggiunga lo zero, verrà assegnato a questo giocatore un altro numero da indovinare:

```
        CPY NUMBER      Tentativo corretto?
        BEQ DONE
        LDA #01         No: cancella il vecchio tentativo
        AND PORT1B
        STA PORT1B
        JMP PLAY        Prova ancora
DONE    RTS
```

Esercizio 3-1: *Si modifichi PLAY e/o CNTSUB in modo che, allo scadere del tempo, il giocatore perda la mano, come se fosse trascorso il tempo massimo per indovinare il numero.*

Subroutine CNTSUB

La subroutine CNTSUB viene impiegata dalla subroutine PLAY precedentemente descritta. Essa esegue il monitoraggio del tasto premuto dal giocatore e registra il tempo trascorso fino alla pressione del tasto. L'esplorazione del tasto viene eseguita nel modo solito:

```
CNTSUB    LDY #$F
KEYLP     STY PORT3B
          BIT PORT3A
          BPL FINISH
          DEY            Conto alla rovescia numerato
                         tasto
          BPL KEYLP      Tasto numerato
FINISH    BNE CNTSUB
```

Ogni volta che tutti i tasti sono stati esplorati senza successo, viene incrementato il contatore del tempo trascorso (CNTLO, CNTHI):

```
          INC CNTLO
          BNE CNTSUB
          INC CNTHI
          BNE CNTSUB
FINISH    RTS
```

Al ritorno della subroutine, il numero corrispondente al tasto premuto è contenuto nel registro indice Y.

Esercizio 3-2: *Inserite alcune istruzioni "nessuna operazione" nella subroutine CNTSUB in modo da aumentare il tempo per il tentativo.*

Subroutine BLINK

I LED specificati dai contenuti dell'accumulatore vengono fatti lampeggiare (accesi e spenti) dieci volte da questa subroutine. Essa usa la locazione di memoria CNTHI e CNTLO come registri scratch e distrugge i loro contenuti precedenti. Poichè i LED devono essere accesi e spenti alternativamente, viene impiegata un'istruzione di OR esclusivo per fornire l'accensione e spegnimento automatico, eseguendo un'operazione di complemento. Poichè, per eseguire il lampeggio dei LED una volta, occorrono due operazioni di complemento sullo stato dei LED, il ciclo viene eseguito 20 volte. Notate inoltre che i LED devono essere mantenuti accesi per un tempo minimo. Il programma è il seguente:

```
BLINK    LDX #20        20 lampeggi
         STX CNTHI      Contatore dei lampeggi
         STA CNTLO      Registro dei lampeggi
BLOOP    LDA CNTLO      Accetta la struttura di
                        lampeggio
         EOR PORT1B     Lampeggia i LED
         STA PORT1B
         LDA #10        Ritardo corto
         JSR DELAY
         DEC CNTHI
         BNE BLOOP      Ricicla se non fatto
         RTS
```

Subroutine DELAY

La subroutine DELAY implementa un classico progetto di ciclo annidato a tre livelli. Il registro X viene impostato al valore massimo FF (esadecimale) ed impiegato come contatore del ciclo interno. Il registro Y viene posto al valore 10 (esadecimale) ed utilizzato come contatore del ciclo a 2 livelli. La locazione TEMP contiene il numero impiegato per regolare il ritardo ed è il contatore del ciclo più esterno. La realizzazione della subroutine è immediata:

```
DELAY    STA TEMP
DL1      LDY #$10
DL2      LDX #$FF
DL3      DEX
         BNE DL3
         DEY
         BNE DL2
         DEC TEMP
         BNE DL1
         RTS
```

Esercizio 3-3: *Calcolate la durata esatta del ritardo implementato da questa subroutine in funzione del numero contenuto nella locazione TEMP.*

Subroutine RANDOM

Questo semplice generatore di numeri casuali ritorna con un numero semi-casuale nell'accumulatore. Un set di sei locazioni a partire dall'indirizzo di memoria 0008 ("SCR") è stato riservato come scratch-pad

(memoria di lavoro) di questo generatore. Il numero casuale viene calcolato come 1 più il contenuto del numero nella locazione SCR + 1, più i contenuti del numero nella locazione SCR + 4, più il numero contenuto nella locazione SCR + 5:

```
RANDOM    SEC
          LDA SCR + 1
          ADC SCR + 4
          ADC SCR + 5
          STA SCR
```

I contenuti dell'area scratch (SCR e locazioni successive) sono quindi fatti scorrere in avanti per la successiva generazione del numero casuale:

```
          LDX #4
RNDLP     LDA SCR,X
          STA SCR +1,X
          DEX
          BPL RNDLP
          RTS
```

Il processo è illustrato in Fig. 3.7. Notate che esso implementa uno scorrimento circolare di sette locazioni. Il numero casuale che è stato calcolato viene quindi scritto indietro nella locazione SCR e tutti i valori

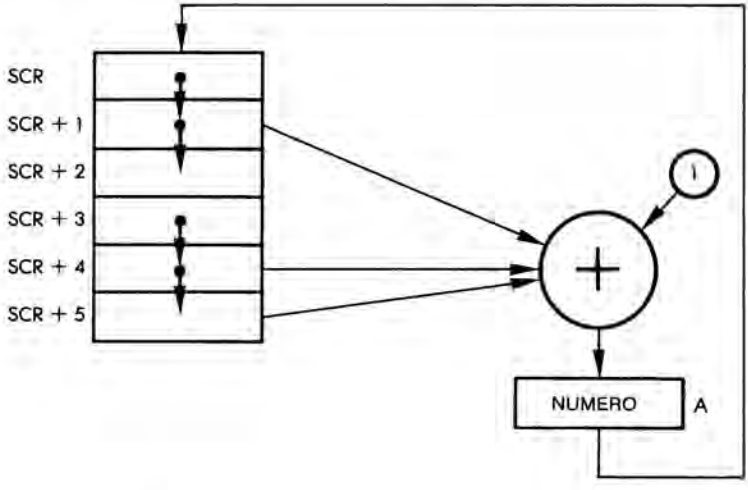


Figura 3.7: Generazione di un numero casuale

precedenti delle locazioni di memoria SCR e successive sono spinti in basso di una posizione. I contenuti precedenti di SCR + 5 vanno persi. Questo assicura che il numero sia ragionevolmente casuale.

SOMMARIO

Questo gioco coinvolge due giocatori. L'informazione temporale viene conservata per mezzo di cicli annidati. Il numero casuale da indovinare viene generato da un generatore di numeri pseudo-casuali. Per visualizzare il numero binario vien utilizzata una tabella speciale. I LED sulla scheda vengono impiegati per indicare il turno di ciascun giocatore, per visualizzare il numero binario e per indicare il vincitore.

Esercizio 3-4: *Cosa succede nel caso in cui tutte le locazioni di memoria da SCR ad SCR + 5 sono inizializzate a zero?*

CAPITOLO 4

INDOVINA L'ESADECIMALE

LE REGOLE

Questo gioco consiste nell'indovinare un numero segreto di due digit (cifre) generato da un computer. Il giocatore fornisce un numero a caso che viene sottoposto al computer e, sulla base della risposta del computer stesso, (indicante il grado di prossimità nel numero enunciato rispetto al numero segreto) si delimita una gamma di numeri a cui appartiene il numero segreto. A questo punto il programma genera un beep, segnalando al giocatore che è pronto per accettare un altro numero. Il programma risponde segnalando il vincitore se il giocatore ha indovinato il numero corretto. Se la risposta del giocatore non è esatta, il programma risponde illuminando i nove LED, indicando la distanza tra il tentativo del giocatore ed il numero corretto. Un LED acceso indica che il numero tentato è molto lontano rispetto al numero corretto, mentre nove LED accesi indicano che il numero è molto vicino a quello da indovinare.

Se il numero è corretto, il programma genera un tono modulato e fa lampeggiare i LED sulla scheda. Al giocatore sono consentiti al massimo dieci tentativi. Se non riesce ad indovinare il numero corretto in dieci tentativi viene emesso un tono basso ed iniziato un nuovo gioco.

UNA GIOCATA TIPICA

Il beep del computer ci indica che dobbiamo premere un tasto per eseguire un tentativo.

Il nostro tentativo è: "40"	
Il computer accende 4 LED	Siamo abbastanza lontani
Tentativo successivo: "C0"	
Risposta del computer: 3 LED	Ci siamo allontanati
Tentativo successivo: "20"	
Risposta del computer: 3	Il numero deve essere compreso tra C0 e 20

Tentativo successivo: "80"
Risposta del computer: 5 Siamo andati più vicini
Tentativo successivo: "75"
Risposta del computer: 5 Non è proprio sotto 80
Tentativo successivo: "90"
Risposta: 4 Siamo fuori strada
Tentativo successivo: "65"
Risposta: 7 Ora siamo vicini
Tentativo successivo: "60"
Risposta: 9
Tentativo successivo: "5F"
Risposta: 8
Tentativo successivo: "61"
Abbiamo vinto !!! Tutti i LED lampeggiano e viene emesso un tono acuto modulato.

L'ALGORITMO

La Fig. 4.1 riporta il diagramma di flusso del gioco INDOVINA L'ESADECIMALE. L'algoritmo è immediato:

— viene generato un numero casuale;
— viene caricato un tentativo;
— viene valutata la vicinanza del numero tentato con il numero segreto. Sono disponibili nove livelli di prossimità, ciascuno visualizzato da un LED sulla scheda. Per questo scopo viene utilizzata una tabella di prossimità;
— viene segnalata una vincita o una perdita;
— sono consentiti più tentativi, fino ad un massimo di dieci.

IL PROGRAMMA

Strutture dei dati

Il programma è formato da una routine principale, chiamata GETGES e due subroutine, chiamate LITE e TONE. Esso utilizza una semplice struttura dati — una tabella chiamata LIMITS. La Fig. 4.1 riporta il diagramma di flusso, mentre la Fig. 4.2 riporta il listing del programma.

La tabella LIMITS contiene un set di nove valori sui quali verrà verificato il grado di prossimità del tentativo rispetto al numero segreto del computer. Essa è di tipo esponenziale e contiene la sequenza: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 200.

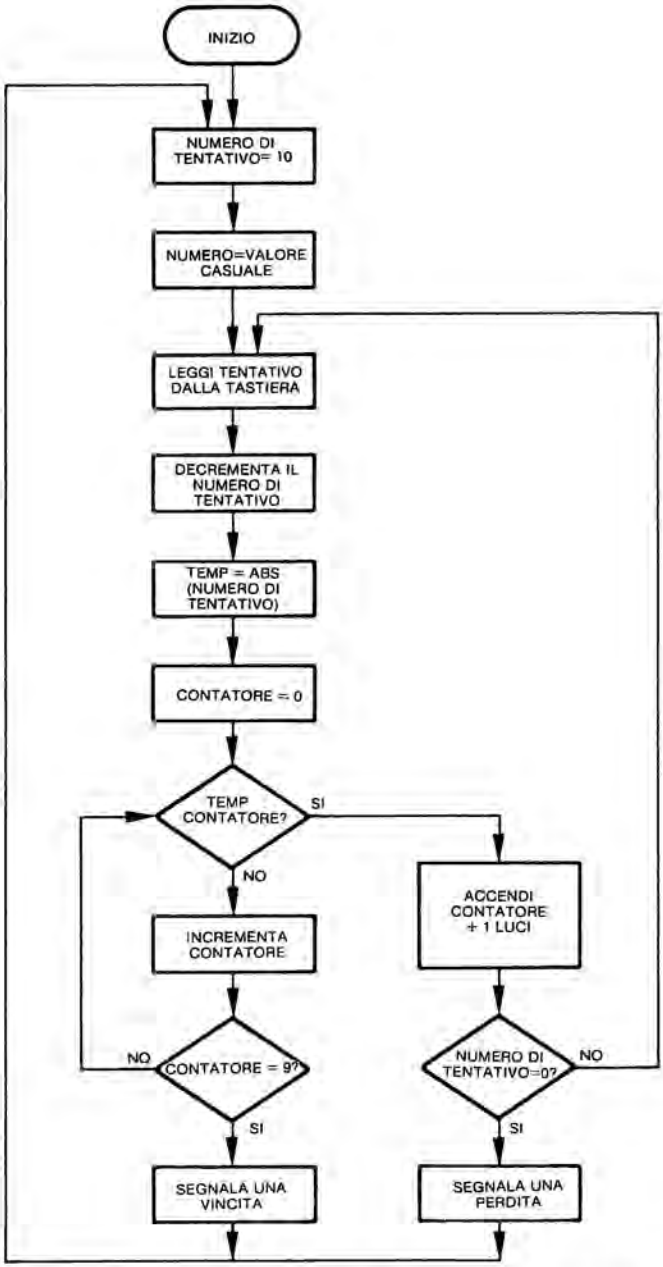


Figura 4.1: Diagramma di flusso per indovina l'esadecimale

Implementazione del programma

Esaminiamo il programma. Esso risiede all'indirizzo di memoria 200 e non può essere riallocato. Cinque variabili risiedono in pagina zero:

GUESS viene utilizzata per memorizzare il tentativo corrente
GUESS# è il numero del tentativo corrente
DUR e FREQ sono i comuni parametri richiesti per generare un tono (subroutine TONE)
NUMBER è il numero segreto del computer

Come al solito, i registri di direzione dati dei VIA#1 e VIA#3 sono condizionati in modo da pilotare il LED display e leggere la tastiera:

```
LDA #$FF
STA DDR1A  OUTPUT
STA DDR1B  OUTPUT
STA DDR3B  OUTPUT
```

La locazione di memoria DUR viene impiegata per memorizzare la durata del tono da generare mediante la subroutine TONE. Essa viene inizializzata ad "FF" (Esadecimale):

```
          STA DUR
```

La locazione di memoria GUESS# viene utilizzata per memorizzare il numero di tentativi. Essa è inizializzata a 10:

```
START     LDA #$0A
          STA GUESS#
```

Vengono spenti i LED sulla Scheda Giochi:

```
          LDA #00
          STA PORT1A
          STA PORT1B
```

Il programma genererà un numero casuale che deve essere indovinato dal giocatore. In questo caso viene ottenuto un numero ragionevolmente casuale leggendo il valore del timer 1 del VIA#1. Esso viene quindi memorizzato all'indirizzo di memoria NUMBER:

```
                ; 'INDOVINA L'ESADECIMALE'
                ; GIOCO PER INDOVINARE UN NUMERO ESADECIMALE.
                ; LO SCOPO DEL GIOCO È INDOVINARE UN NUMERO ESADECIMALE
                ; GENERATO DAL COMPUTER.
                ; QUANDO IL COMPUTER ESEGUE UN 'BEEP', SI DOVREBBE
                ; CARICARE UN TENTATIVO. I TENTATIVI SONO NUMERI
                ; ESADECIMALI DI DUE DIGIT. QUANDO SONO STATI RICEVUTI
                ; DUE DIGIT IL COMPUTER VISUALIZZERA' LA VICINANZA
                ; DEL TENTATIVO ACCENDENDO UN NUMERO DI LED PROPORZIONALE
                ; ALLA VICINANZA DEL TENTATIVO. SONO CONSENTITI DIECI
                ; TENTATIVI. SE IL TENTATIVO È CORRETTO IL COMPUTER
                ; FA LAMPEGGIARE I LED ED ESEGUE UN SUONO
                ; VARIABILE.
                ; LA LOCAZIONE D'INGRESSO È $200.
                ;
                GETKEY =$100
                ; INDIRIZZI DEL 6522 VIA # 1:
                TIMER   = $A004          ; LATCH BASSO DEL TIMER 1
                DDR1A   = $A003          ; REG. DI DIREZIONE DATI DI PORTA
                DDR1B   = $A002          ; REG. DI DIREZIONE DATI DI PORTB
                PORT1A  = $A001          ; PORTA A
                PORT1B  = $A000          ; PORTA B
                ; INDIRIZZI DEL 6522 VIA # 3:
                DDR3B   = $AC02          ; REG. DI DIREZIONE DATI DI PORTB
                PORT3B  = $AC00          ; PORT B
                ;STORAGES:
                GUESS   = $00
                GUESS #= $01
                DUR     = $02
                FREQ    = $03
                NUMBER= $04
                ;       = $200
0200:  A9 FF            LDA  # $FF      ; PREDISPONI I REGISTRI DI DIREZIONE
                                        ; DATI
0202:  8D 03 A0         STA  DDR1A
0205:  8D 02 A0         STA  DDR1B
0208:  8D 02 AC         STA  DDR3B
020B:  85 02            STA  DUR        ; IMPOSTA LE DURATE DEI TONI
020D:  A9 0A     START  LDA  # $0A      ; CONSENTITI 10 TENTATIVI
020F:  85 01            STA  GUESS #
0211:  A9 00            LDA  # 00       ; SPEGNI I LED
0213:  8D 01 A0         STA  PORT1A
0216:  8D 00 A0         STA  PORT1B
0219:  AD 04 A0         LDA  TIMER      ; ACCETTA UN NUMERO CASUALE PER
                                        ; TENTATIVO
021C:  85 04            STA  NUMBER     ; ... E SALVALO.
021E:  A9 20     GETGES LDA  # $20      ; IMPOSTA IL SUONO ACUTO BREVE PER
                                        ; SEGNALARE ALL'UTENTE DI CARICARE
                                        ; UN TENTATIVO
0220:  20 96 02         JSR  TONE       ; ESEGUI BEEP
0223:  20 00 01         JSR  GETKEY     ; ACCETTA IL TENTATIVO DELL'UTENTE
                                        ; DI ORDINE ELEVATO
0226:  0A               ASL  A          ; FALLO SCORRERE NELLA POSIZIONE DI
                                        ; ORDINE ELEVATO
0227:  0A               ASL  A
0228:  0A               ASL  A
0229:  0A               ASL  A
022A:  85 00            STA  GUESS      ; SALVALO
022C:  20 00 01         JSR  GETKEY     ; ACCETTA IL TENTATIVO DELL'UTENTE
                                        ; DI BASSO ORDINE
022F:  29 0F            AND  # %00001111; MASCHERA I BIT DI ORDINE ELEVATO
0231:  05 00            ORA  GUESS      ; AGGIUNGI IL NIBBLE DI ORDINE ELEVATO
```

Figura 4.2: Programma indovina l'esadecimale

```
0233:  85 00              STA  GUESS       ; SALVA IL VALORE FINALE
0235:  A5 04              LDA  NUMBER      ; ACCETTA IL NUMERO PER IL CONFRONTO
0237:  38                 SEC
0238:  E5 00              SBC  GUESS       ; SOTTRAI IL TENTATIVO DAL NUMERO
                                           ; PER DETERMINARE LA VICINANZA DEL
                                           ; TENTATIVO
023A:  B0 05              BCS  ALRIGHT     ; VALORE POSITIVO CHE NON NECESSITA
                                           ; DI AGGIUSTAMENTO
023C:  49 FF              EOR  # %11111111 ; RENDI ASSOLUTA LA DISTANZA
023E:  38                 SEC              ; ESEGUI IL SUO COMPLEMENTO A DUE
023F:  69 00              ADC  # 00        ; ... NON UN COMPLEMENTO AD UNO
0241:  A2 00     ALRIGHT  LDX  # 00        ; IMPOSTA IL CONTATORE DI VICINANZA
0243:  DD AD 02  LOOP     CMP  LIMITS,X    ; CONFRONTA LA VICINANZA DEL
                                           ; TENTATIVO CON
                                           ; LA TABELLA DEI LIMITI PER VEDERE
                                           ; QUANTE LUCI DEVI ACCENDERE
0246:  B0 27              BCS  SIGNAL      ; LA VICINANZA È MOLTO MAGGIORE DEI
                                           ; LIMITI QUINDI ACCENDI L'INDICATORE
0248:  EB                 INX              ; OSSERVA IL SUCCESSIVO LIVELLO DI
                                           ; VICINANZA
0249:  E0 09              CPX  # 9         ; VERIFICA TUTTI I NOVE LIVELLI
024B:  D0 F6              BNE  LOOP        ; NO, PROVA IL LIVELLO SUCCESSIVO
024D:  A9 0B     WIN      LDA  # 11        ; SI: VITTORIA! CARICA IL NUMERO DI
                                           ; LAMPEGGI
024F:  85 00              STA  GUESS       ; USA TENTATIVO COME TEMP
0251:  A9 FF              LDA  #$ FF       ; ACCENDI I LED
0253:  8D 01 A0           STA  PORT1A
0256:  8D 00 A0           STA  PORT1B
0259:  A9 32     WOW      LDA  # 50        ; VALORE DEL TONO
025B:  20 96 02           JSR  TONE        ; ESEGUI IL SEGNALE DI VITTORIA
025E:  A9 FF              LDA  # $ FF
0260:  AD 01 A0           EOR  PORT1A      ; COMPLEMENTA LE PORTE
0263:  8D 01 A0           STA  PORT1A
0266:  8D 00 A0           STA  PORT1B
0269:  C6 00              DEC  GUESS       ; ESEGUITI LAMPEGGI/TONI?
026B:  D0 EC              BNE  WOW         ; NO, CONTINUA
026D:  F0 9E              BEQ  START       ; SI, INIZIA UN NUOVO GIOCO.
026F:  EB        SIGNAL   INX              ; INCREMENTA IL LIVELLO DI VICINANZA
                                           ; CONTATORE IN MODO CHE SIA ACCESO
                                           ; ALMENO UN LED.
0270:  A9 00              LDA  # 0         ; AZZERA LA PORTA DI ORDINE ELEVATO
                                           ; DEI LED
0272:  8D 00 A0           STA  PORT1B
0275:  20 8E 02           JSR  LITE        ; ACCETTA LA STRUTTURA DI LED
0278:  8D 01 A0           STA  PORT1A      ; IMPOSTA I LED
027B:  90 05              RCC  CC          ; SE CARRY È 1,PB0=1
027D:  A9 01              LDA  # 01
027E:  8D 00 A0           STA  PORT1B
0282:  C6 01     CC       DEC  GUESS#      ; ESEGUITO UN TENTATIVO
0284:  D0 98              BNE  GETGES      ; NON ESATTO, ACCETTA IL SUCCESSIVO.
0286:  A9 BE              LDA  # $ BE      ; SUONO BASSO PER SEGNALARE LA
                                           ; PERDITA.
0288:  20 96 02           JSR  TONE
028B:  4C 0D 02           JMP  START       ; NUOVO GIOCO.
                 ;
                 ; ROUTINE PER GENERARE LA STRUTTURA DI LED DA ACCENDERE
                 ; MEDIANTE SCORRIMENTO A SINISTRA DI UNA STRINGA DI UNI
                 ; NELL'ACCUMULATORE
                 ; FINCHÉ SI RAGGIUNGE LA POSIZIONE DI BIT CORRISPONDENTE
                 ; AL NUMERO IN X.
                 ;
```

Figura 4.2: Programma indovina l'esadecimale (continua)

```
028F:  A9 00     LITE    LDA  # 0          ; AZZERA L'ACCUMULATORE PER
                                            ; GENERARE LA STRUTTURA
0290:  38        SHIFT   SEC               ; RENDI ALTO IL BIT BASSO.
0291:  2A                ROL  A            ; FALLO SCORRERE IN
0292:  CA                DEX               ; UN BIT, FATTO ...
0293:  D0 FB             BNE  SHIFT        ; RICICLA SE NON FATTO.
0295:  60                RTS               ; RITORNO
                 ;
                 ; ROUTINE PER LA GENERAZIONE DEL SUONO.
                 ;
0296:  85 03     TONE    STA  FREQ
0298:  A9 00             LDA  # $ 00
029A:  A6 02             LDX  DUR
029C:  A4 03     FL2     LDY  FREQ
029E:  88        FL1     DEY
029F:  18                CLC
02A0:  90 00             BCC  .+ 2
02A2:  D0 FA             BNE  FL1
02A4:  49 FF             EOR  # $ FF
02A6:  8B 00 AC          STA  PORT3B
02A9:  CA                DEX
02AA:  D0 F0             BNE  FL2
02AC:  60                RTS
                 ;
                 ; TABELLA DEI LIMITI PER I LIVELLI DI VICINANZA.
                 ;
02AD:  C8        LIMITS  .BYTE 200,128,64,32,16,8,4,2,1
02AE:  80
02AF:  40
02B0:  20
02B1:  10
02B2:  08
02B3:  04
02B4:  02
02B5:  01

SYMBOL TABLE:
GETKEY    0100    TIMER     A004    DDR1A     A003
DDR1B     A002    PORT1A    A001    PORT1B    A000
DDR3B     AC02    PORT3B    AC00    GUESS     0000
GUESS#    0001    DUR       0002    FREQ      0003
NUMBER    0004    START     020D    GETGES    021E
ALRIGHT   0241    LOOP      0243    WIN       024D
WOW       0259    SIGNAL    026F    CC        0282
LITE      028E    SHIFT     0290    TONE      0296
FL2       029C    FL1       029E    LIMITS    02AD
```

Figura 4.2: Programma indovina l'esadecimale (continua)

```
LDA TIMER        Latch del timer 1
STA NUMBER
```

Non è richiesto un generatore di numeri casuali in quanto le richieste di numeri casuali si verificano ad intervalli di tempo casuali, contrariamen-

00	ORB (DA PB0 A PB7)	Porta A, Dati di I/O	
01	ORA (DA PA0 A PA7)	Impiegato per il controllo - Influenza handshake	
02	DDR B	Registri di direzione dati	
03	DDR A		
04	T1L-L/T1C-L	Contatore basso	Timer 1
05	T1C-H	Contatore alto	
06	T1L-L	Latch basso	
07	T1L-H	Latch alto	
08	T2L-L/T2C-L	Contatore basso	Timer 2
09	T2C-H	Contatore alto	
0A	SR	Registro di scorrimento	
0B	ACR	Ausiliari	Controllo di funzione
0C	PCR (CA1,CA2,CB2,CB1)	Periferiche	
0D	IFR	Flag	Controllo interrupt
0E	IER	Abilitazione	
0F	ORA	Uscita registro A (non influenza handshake)	

Figura 4.3: Mappa di memoria del 6522 VIA

te alla maggior parte degli altri giochi descritti. Un'osservazione importante sull'impiego di T1CL di un 6522 VIA è il fatto che è spesso chiamato "latch" mentre in realtà si tratta di un "contatore" che esegue un'operazione di lettura! I suoi contenuti *non* sono congelati durante un'operazione di lettura, come nel caso di un latch. Essi sono decrementati continuamente. Quando si decrementa a zero, il contatore viene ricaricato da un latch "reale".

Si noti che in Fig. 4.3 T1L-L appare due volte - agli indirizzi 04 e 06. Questo può essere causa di confusione ed occorre un ulteriore chiarimento. La locazione 4 corrisponde al contatore; la locazione 6 corrisponde al latch. In questo caso viene letta la locazione 4.

Siamo pronti a procedere. Viene generato un tono acuto per segnalare al giocatore che può fare un tentativo. La durata della nota è memorizza-

ta alla locazione di memoria DUR mentre la frequenza del tono è settata dai contenuti dell'accumulatore:

```
GETGES    LDA #$20      Tono acuto
          JSR TONE
```

Per ogni tentativo occorre memorizzare due valori di tasto. Per ottenere il numero del tasto premuto viene impiegata la subroutine GETKEY, che lo memorizza nell'accumulatore. Una volta ottenuto il primo carattere, viene fatto scorrere a sinistra di quattro posizioni, nella posizione del nibble di ordine elevato ed ottenuto il carattere successivo. (Vedere Fig. 4.4).

```
JSR GETKEY
ASL A
ASL A
ASL A
ASL A
STA GUESS
JSR GETKEY
```

Una volta che il secondo carattere è stato trasferito nell'accumulatore, il carattere precedente, che è stato salvato nella locazione di memoria

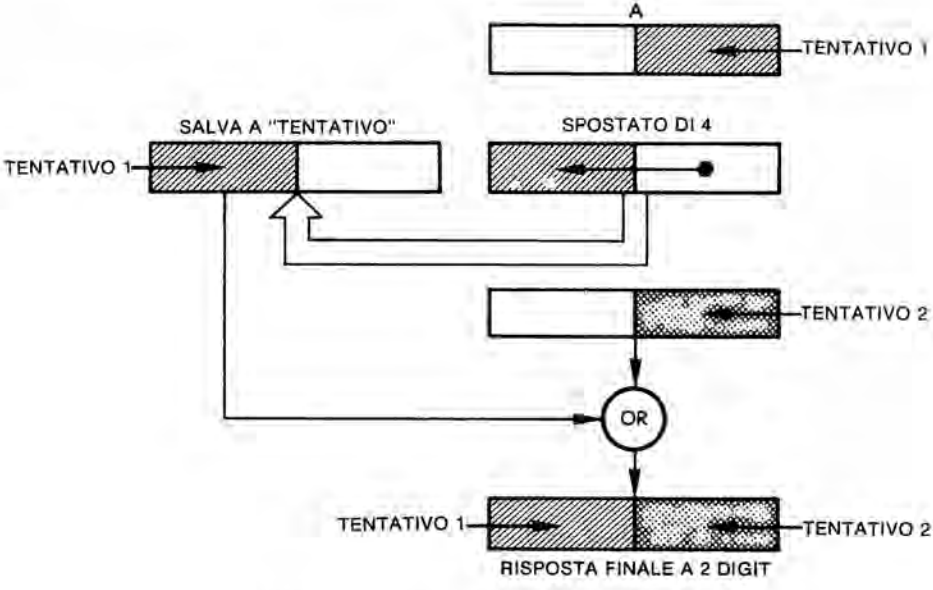


Figura 4.4: Raccolta dei tentativi del giocatore

GUESS, viene messo in OR con i contenuti dell'accumulatore:

```
AND #%00001111
ORA GUESS
```

E quindi ri-memorizzato alla locazione di memoria GUESS:

```
STA GUESS
```

Notate che, eseguito il tentativo, deve essere confrontato con il numero casuale memorizzato dal computer alla locazione di memoria NUMBER. Viene quindi eseguita una sottrazione:

```
LDA NUMBER
SEC
SBC GUESS
```

Se la differenza è negativa, deve essere completata:

```
BCS ALRIGHT      Positiva?
EOR #%11111111   È negativa: esegui il complemento
SEC              Esegui il complemento a due
ADC #00          Somma uno
```

Una volta calcolata la "distanza" del tentativo dal numero reale, occorre impostare il "contatore di prossimità" ad un valore tra 1 e 9 (vengono utilizzati solo nove LED). Questo viene eseguito da un ciclo che confronta la "distanza" assoluta del tentativo dal numero corretto con il valore di gruppo nella tabella LIMITS. Il numero del valore di gruppo corretto diviene il valore assegnato alla prossimità del numero di tentativo al numero segreto. Il registro indice X viene inizializzato a 0, la ricerca dei valori di gruppo viene eseguita con il modo di indirizzamento indicizzato. Vengono eseguiti i confronti finchè la distanza è minore del valore di gruppo, oppure finchè X supera 9; cioè fino a consultare il valore più elevato nella tabella.

```
ALRIGHT   LDX #00
LOOP      CMP LIMITS, X   Valore limite di consultazione
          BCS SIGNAL
          INX             Minore prossimità
          CPX #9          Continua fino a 10 tentativi
          BNE LOOP
```

A questo punto, quando si verifica una ramificazione a SIGNAL, la distanza tra il tentativo ed il numero reale è 0: è una vittoria. Questo è segnalato dal lampeggio dei LED e dalla generazione di uno speciale tono:

```
WIN     LDA #11
        STA GUESS       Memoria scratch
        LDA #FF
        STA PORT1A
        STA PORT1B
WOW     LDA #50         Passo del tono
        JSR TONE        Generazione del tono
```

Il lampeggio viene generato complementando ripetutamente i LED:

```
        LDA #$FF
        EOR PORT1A      Complementa le porte
        STA PORT1A
        STA PORT1B
```

Il ciclo viene eseguito ancora:

```
        DEC GUESS
        BNE WOW
```

Infine, quando l'indice del ciclo (GUESS) diventa zero, si verifica una ramificazione indietro all'inizio del programma principale: START:

```
        BEQ START
```

Comunque, se il tentativo corrente non è corretto, si verifica una ramificazione a SIGNAL durante il confronto di gruppo, con i contenuti del registro X uguali al valore di prossimità: cioè il numero di LED da accendere. In dipendenza della vicinanza del tentativo al numero segreto, saranno accesi da 1 a 9 LED:

```
SIGNAL  INX             Incrementa il livello di vici-
                        nanza
        LDA #0          Azzera la porta di ordine
                        elevato dei LED
        STA PORT1B
        JSR LITE        Accetta la struttura di LED
        STA PORT1A
```

```
BCC CC          Se carry è 1, PBO = 1
LDA #01
STA PORT1B
```

Il numero di LED da accendere è contenuto in X. Occorre quindi convertire questo numero in un pattern corretto da inviare alla porta d'uscita. Questo viene eseguito dalla subroutine LITE, descritta più avanti.

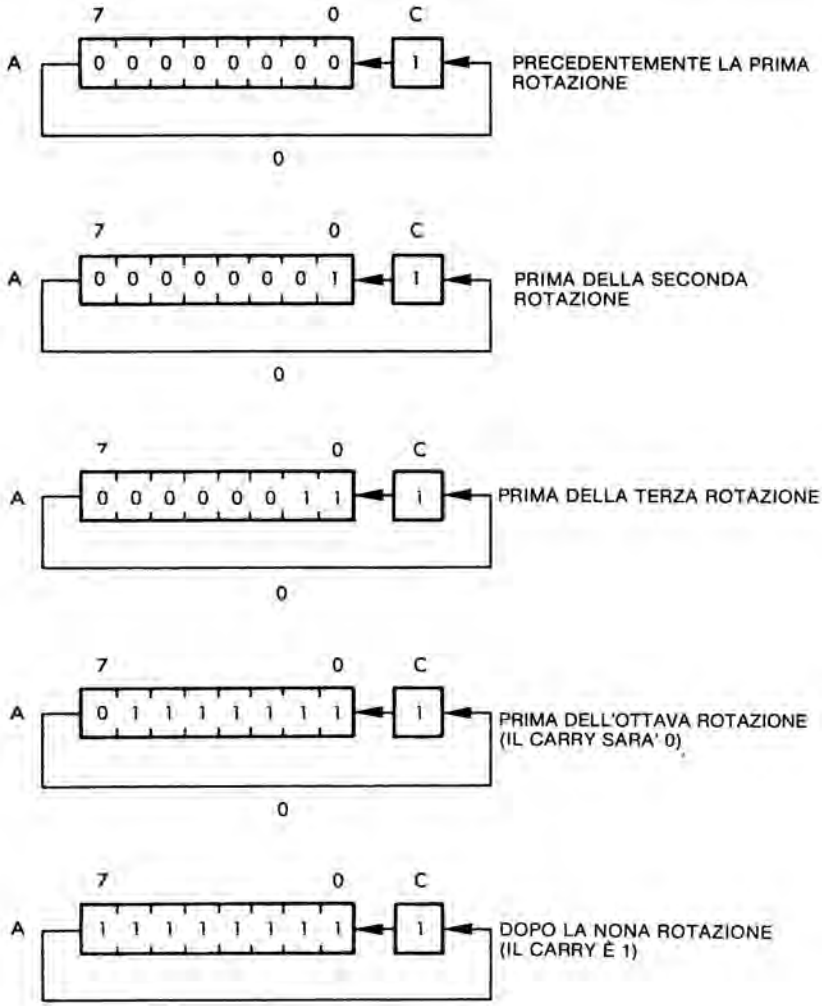


Figura 4.5: Realizzazione della struttura di LED per gli 8 LED

Se devono essere accessi 9 LED, LITE pone ad 1 il bit carry (riporto). Viene eseguito un test esplicito sul carry (il pattern 01 viene quindi inviato a PORT1B). Successivamente viene decrementato il numero corrente di tentativi. Se è zero, il giocatore ha perso: viene generato il segnale di sconfitta ed inizia un nuovo gioco; altrimenti si ha il tentativo successivo:

```
CC      DEC GUESS #
        BNE GETGES      Tentativo errato?
        LDA #$BE        Suono basso
        JSR TONE
        JMP START       Nuovo gioco
```

Le subroutine

Subroutine LITE

La subroutine LITE genererà il pattern richiesto per illuminare da 1 ad 8 LED, in dipendenza del numero contenuto nel registro X. I bit "1" richiesti sono fatti scorrere a destra nell'accumulatore ad ogni decremento del registro X. La Fig. 4.5 riporta un esempio.

All'uscita dalla subroutine, l'accumulatore contiene il pattern corretto richiesto per accendere il numero di LED specificati. Se si devono accendere nove LED, il pattern sarebbe formato da tutti uni ed il bit carry dovrebbe essere posto ad 1:

```
LITE    LDA #0
SHIFT   SEC             "1" di partenza
        ROL A           Ruota l'"1" in posizione
        DEX             Fatto
        BNE SHIFT
        RTS
```

Subroutine TONE

La subroutine TONE genererà un tono della durata specificata dalla costante nella locazione di memoria DUR, alla frequenza specificata dai contenuti dell'accumulatore. Il registro indice Y vien impiegato come contatore del ciclo interno. Come al solito, il tono viene generato commutando on ed off l'altoparlante connesso a PORT3B con un periodo di tempo opportuno:

```
TONE      STA FREQ
          LDA #$00
          LDX DUR
FL2       LDY FREQ
FL1       DEY
          CLC
          BCC . + 2
          BNE FL1
          EOR #$FF
          STA PORT3B
          DEX
          BNE
          RTS
```

SOMMARIO

In questo caso come generatore di numeri casuali viene impiegato un timer latch (cioè un registro hardware), anzichè una routine software. Per visualizzare un valore viene utilizzata una semplice routine "LITE", mentre, per generare il suono viene impiegata la solita routine TONE.

ESERCIZI

Esercizio 4-1: *Migliorate il programma "Indovina l'esadecimale" aggiungendo la seguente caratteristica. Alla fine di ogni gioco, se il giocatore ha perso, il programma visualizza il numero che si doveva indovinare per circa tre secondi, prima di iniziare un nuovo gioco.*

Esercizio 4-2: *Cosa succederebbe se non fosse presente SEC alla locazione 290 esadecimale?*

Esercizio 4-3: *Quali sono i vantaggi e gli svantaggi dell'impiego del valore del timer per generare un numero casuale? Cosa succede dei numeri successivi? Saranno correlati? Identici?*

Esercizio 4-4: *Quante volte il programma precedente fa lampeggiare i LED per indicare una vittoria?*

Esercizio 4-5: *Esaminate la routine WIN (linea 24D). In caso di vittoria il tono verrà eseguito una o più volte?*

Esercizio 4-6: *Qual'è lo scopo delle due istruzioni presenti agli indirizzi 29F e 2A0? (Suggerimento: leggete il Capitolo 2).*

Esercizio 4-7: *Il programma dovrebbe inizializzare il timer?*

Esercizio 4-8: *Il numero di LED accesi in risposta ad un tentativo è linearmente correlato alla vicinanza rispetto al valore corretto?*

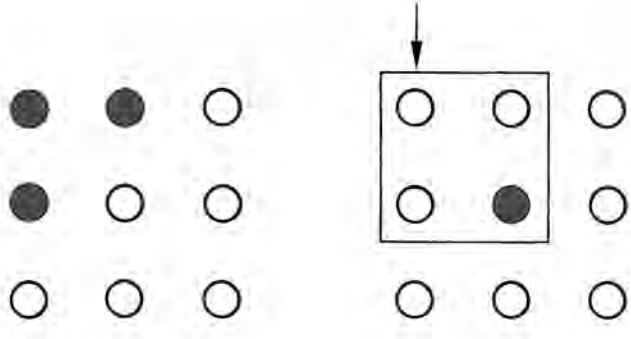
CAPITOLO 5

QUADRATO MAGICO

LE REGOLE

Il gioco consiste nell'illuminare un quadrato perfetto sulla scheda, cioè i LED 1, 2, 3, 6, 9, 8, 7 e 4 ma non il LED #5 al centro.

Il gioco inizia con un pattern casuale. Il giocatore può modificare il LED pattern sulla scheda impiegando una tastiera, in quanto ogni tasto complementa un gruppo di LED. Per esempio, ogni tasto corrispondente alle posizioni d'angolo dei LED (numero dei tasti: 1, 3, 9 e 7) complementa il pattern del quadrato a cui è associato. Il tasto #1 complementerà il pattern del quadrato formato dai LED 1, 2, 4 e 5. Assumendo che i LED 1, 2 e 4 siano accesi, premendo il tasto #1 si otterrà il pattern seguente: 1-off, 2-off, 4-off, 5-on.

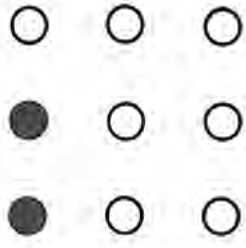


Quindi il pattern formato dai LED 1, 2, 4 e 5 è stato complementato e solo il LED #5 è acceso dopo la pressione del tasto #1. Premendo ancora il tasto #1 si avrà: 1, 2 e 4-on con 5-off. Premendo un tasto due volte si ottengono due operazioni successive di complemento e quindi, globalmente, non si ha alcun effetto.

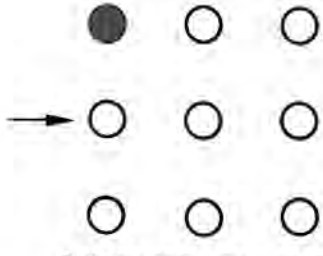
Analogamente, il tasto #9 complementa il quadrato in basso a destra formato dai LED 5, 6, 8 e 9.

Il tasto #3 complementa il pattern formato dai LED 2, 3, 5 e 6. Il tasto #7 complementa il pattern formato dai LED 4, 5, 7 ed 8.

I tasti di bordo corrispondenti ai LED 2, 4, 6 ed 8 complementano il pattern formato dai tre LED del lato esterno di cui essi sono al centro. Per esempio, premendo il tasto #2 si complementerà il pattern dei LED 1, 2 e 3. Assumiamo un pattern iniziale con accesi i LED 1, 2 e 3. Premendo il tasto #2 si otterrà il complemento di tale pattern e quindi lo spegnimento di tutti i LED. Analogamente, assumiamo un pattern iniziale con accessi i LED del bordo verticale sinistro 4 e 7:



Premendo il tasto #4 si otterrà un pattern in cui è acceso il LED #1 e sono spenti i LED 4 e 7.

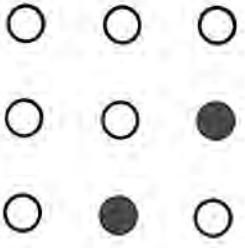


È STATO PREMUTO IL TASTO 4

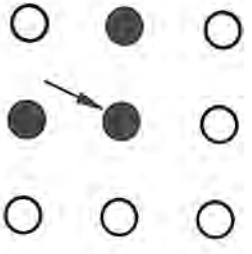
Analogamente il tasto #8 complementerà il pattern formato dai LED 7, 8 e 9, mentre il tasto #6 complementerà il pattern formato dai LED 3, 6 e 9.

Infine, premendo il tasto #5 (posizione del LED centrale) si eseguirà il complemento del pattern formato dai LED 2, 4, 5, 6 ed 8. Per esempio,

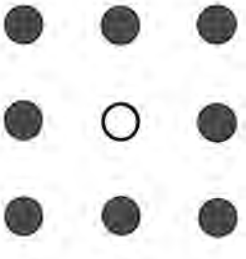
assumiamo il seguente pattern iniziale in cui sono accesi solo i LED 6 ed 8:



Premendo il tasto #5 si otterrà l'accensione dei LED 2, 4 e 5:



La combinazione vincente in cui sono accesi tutti i LED ai bordi dei quadrati si ottiene premendo una sequenza opportuna di tasti.

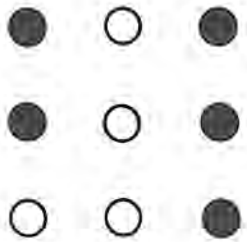


La dimostrazione matematica che è sempre possibile trovare una combinazione vincente è lasciata al lettore come esercizio. Il programma conferma che il giocatore ha ottenuto il pattern vincente facendo lampeggiare i LED.

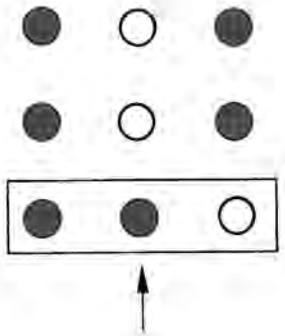
Per iniziare un nuovo gioco occorre premere il tasto "0". A questo punto verrà visualizzato sulla scheda un nuovo pattern casuale. Gli altri tasti vengono ignorati.

UNA GIOCATA TIPICA

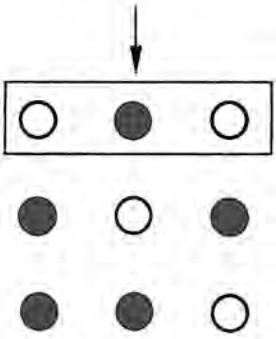
Ecco una sequenza tipica:
Il pattern iniziale è:1 - 3 - 4 - 6 - 9



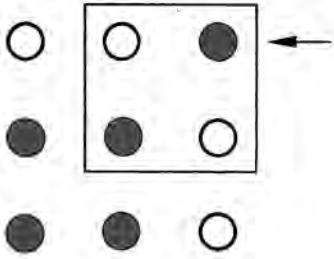
Mossa: premere il tasto #8.
Il pattern risultante è: 1-3-4-6-7-8



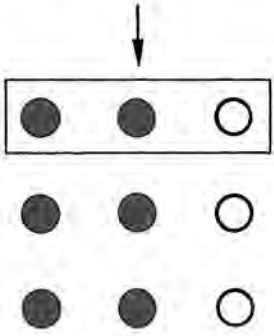
Mossa successiva: premere il tasto #2.
Il patern risultante è: 2-4-6-7-8.



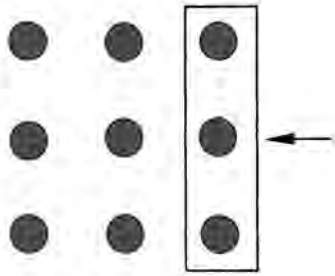
Mossa successiva: premere il tasto #3.
Il pattern risultante è: 3-4-5-7-8.



Mossa successiva: premere il tasto #2.
Il pattern risultante è: 1-2-4-5-7-8.



Mossa successiva: premere il tasto #6.
Il pattern risultante è: 1-2-3-4-5-6-7-8-9.



Notate che questo pattern ha tutti i LED della scheda accesi. Non è la situazione vincente in quanto il LED #5 dovrebbe essere off. Procediamo.

Mossa successiva: la fine del gioco è lasciata al talento matematico del lettore. Lo scopo principale era quello di dimostrare l'effetto delle varie mosse.

Suggerimento: una possibile sequenza vincente è: 2-4-6-8-5!

Regola generale: per arrivare più facilmente alla vittoria in questo gioco occorre cercare di arrivare velocemente ad un pattern simmetrico sulla scheda. Una volta ottenuto un pattern simmetrico è relativamente semplice arrivare ad ottenere un quadrato perfetto. Generalmente si ottiene un pattern simmetrico premendo i tasti corrispondenti ai LED che sono off nella scheda ma che dovrebbero essere on per completare il pattern.

L'ALGORITMO

Sulla scheda viene generato un pattern impiegando dei numeri casuali. Viene quindi identificato il tasto corrispondente alla mossa del giocatore e viene complementato il gruppo di LED corrispondente.

Per specificare i LED che formano il gruppo relativo ad ogni tasto occorre utilizzare una tabella.

Si verifica quindi se il nuovo pattern ottenuto è un quadrato perfetto. Se si, il giocatore vince. In caso contrario il processo ricomincia.

La Fig. 5.1 riporta in modo dettagliato il diagramma di flusso.

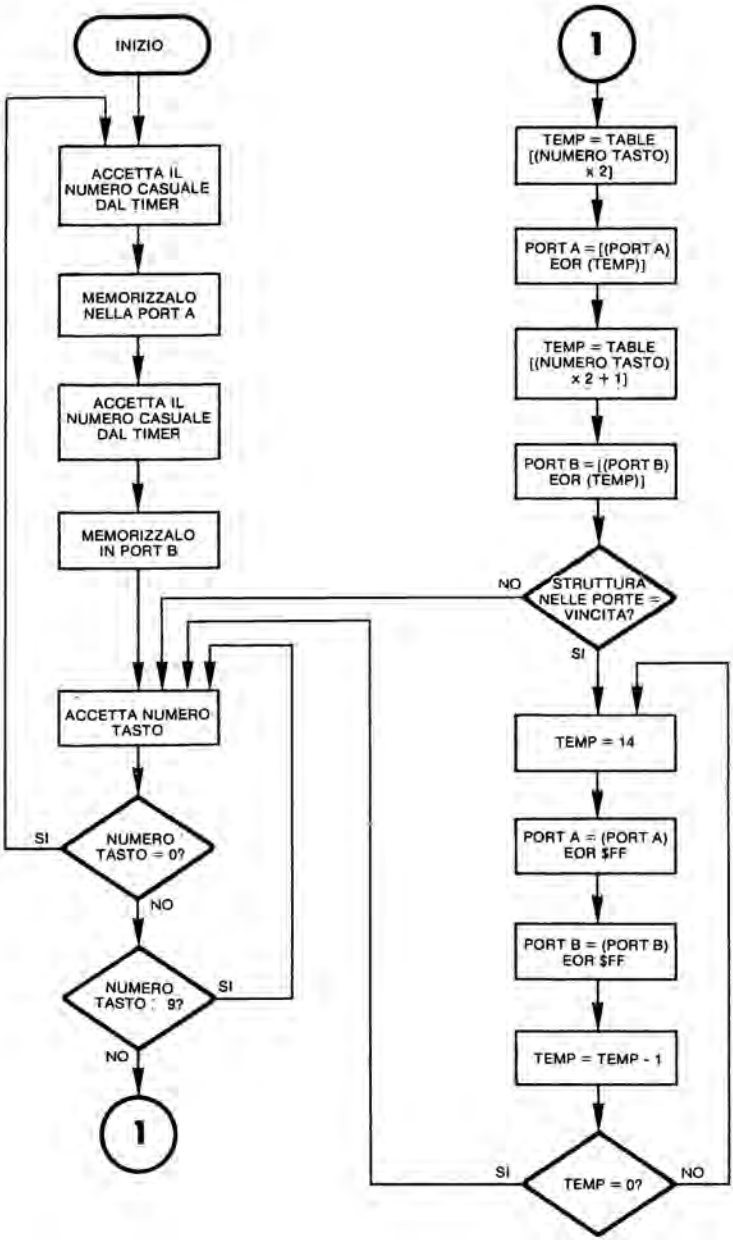


Figura 5.1: Diagramma di flusso del quadrato magico

Strutture dei dati

In questo caso il problema principale è escogitare un modo efficiente per complementare il pattern di LED corretto in corrispondenza della pressione di un tasto. L'operazione di complemento può essere eseguita mediante un'istruzione di OR esclusivo. In questo caso, il pattern impiegato con l'istruzione di EOR dovrebbe contenere un "1" in ogni posizione di LED che deve essere complementata ed uno "0" in tutte le altre posizioni. La soluzione è abbastanza semplice: viene impiegata una tabella a nove ingressi, chiamata TABLE. Ogni ingresso della tabella corrisponde ad un tasto ed ha 16 bit di cui solo 9 bit contengono un "1", nella posizione corretta, indicando il LED che sarà influenzato dal tasto.

Per esempio, abbiamo visto che il tasto 1 risulterà complementando i LED 1, 2, 4 e 5. L'ingresso corrisponde alla tabella è perciò 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, dove i bit 1, 2, 4 e 5 (iniziando la numerazione da 1 come con i tasti) sono stati posti ad "1". Più precisamente, utilizzando una struttura a 16 bit, si ha:

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1

La tabella completa è riportata in Fig. 5.2.

TASTO	STRUTTURA	
1	00011011	00000000
2	00000111	00000000
3	00110110	00000000
4	01001001	00000000
5	10111010	00000000
6	00100100	00000001
7	11011000	00000000
8	11000000	00000001
9	10110000	00000001

Figura 5.2: Tabella di complementazione

Implementazione del programma

All'inizio del gioco deve essere attivata sulla scheda una struttura casuale di LED accesi. Questo, viene eseguito, analogamente al capitolo

```
                ; PROGRAMMA 'QUADRATO MAGICO'
                ; OGNI TASTO 1-9 DELLA TASTIERA ESADECIMALE È ASSOCIATO
                ; CON UN LED DI UNA MATRICE 3x3. QUANDO VIENE PREMUTO UN
                ; TASTO, CAMBIA LA STRUTTURA DEI LED ACCESI NELLA MATRICE.
                ; LO SCOPO DEL GIOCO È DI CONVERTIRE LA STRUTTURA CAUSALE
                ; CON CUI INIZIA IN UN QUADRATO DI LED ACCESI
                ; PREMENDO I TASTI. I LED LAMPEGGERANNO QUANDO
                ; SI OTTIENE LA STRUTTURA VINCENTE.
                ; IL TASTO # 0 PUO' ESSERE UTILIZZATO IN QUALSIASI MOMENTO
                ; PER RI-INIZIALIZZARE IL GIOCO CON UNA NUOVA STRUTTURA.
                ;
                GETKEY = $100
                T1CL   = $A004          ; REGISTRO BASSO DL TIMER NEL 6522 VIA
                PORT1  = $A001          ; PORTA A DEL 6522 VIA
                PORT2  = $A000          ; PORTA B DEL 6522 VIA
                TEMP   = $0000          ; MEMORIA TEMPORANEA
                DDRA   = $A003          ; REGISTRO DI DIREZIONE DATI DELLA
                                        ; PORTA A
                DDRB   = $A002          ; ANGOLO PER LA PORTA B
                       = $200
                ;
                ; COMMENTI: QUESTO PROGRAMMA USA UN REGISTRO TIMER COME
                ;  SORGENTE DI NUMERI CASUALI. SE NON DISPONIBILE, SI
                ;  POTREBBE IMPIEGARE UN GENERATORE DI NUMERI CASUALI.
                ;  PERO', A CAUSA DELLA SUA RIPETIBILITA', POTREBBE NON OPE-
                ;  RARE
                ;  BENE. QUESTO PROGRAMMA USA I REGISTRI DELLA PORTA
                ;  A PER MEMORIZZARE LA STRUTTURA DI LED. POICHÈ IL
                ;  PROCESSORE LEGGE LA POLARITA' DELLE LINEE D'USCITA,
                ;  UN CARICO ECCESSIVO SULLE LINEE POTREBBE IMPEDIRE
                ;  UN CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA.
                ;
0200:  A9 FF            LDA #$FF        ; CONFIGURA LE PORTE COME USCITE
0202:  8D 03 A0         STA DDRA
0205:  8D 02 A0         STA DDRB
0208:  AD 04 A0 START   LDA T1CL        ; ACCETTA IL PRIMO NUMERO CASUALE
020B:  8D 01 A0         STA PORT1
020F   AD 04 A0         LDA T1CL        ; ... ED IL SECONDO.
0211:  29 01            AND #01         ; MASCHERA LA RIGA IN BASSO DI LED
0213:  8D 00 A0         STA PORT2
0216:  20 00 01 KEY     JSR GETKEY
0219:  C9 00            CMP #0          ; IL TASTO DEVE ESSERE 1-9: È 0?
021B:  F0 EB            BEQ START       ; SI, RI-INIZIALIZZA IL GIOCO CON NUOVA
                                        ; STRUTTURA.
021D:  C9 0A            CMP #10         ; È MINORE DI 10?
021F:  10 F5            BPL KEY         ; + SE TASTO ; = 10, QUINDI ACCETTANE
                                        ; UN ALTRO
                ;
                ; DI SEGUITO VIENE IMPIEGATO IL NUMERO DI TASTO COME INDICE
                ; PER TROVARE NELLA TABELLA UNA STRUTTURA DI BIT IMPIEGATA
                ; PER IL COMPLEMENTO DEI LED
                ;
0221:  38               SEC             ; DECREMENTA A PER L'ACCESSO ALLA
                                        ; TABELLA
0222:  E9 01            SBC #1
0224:  0A               ASL A           ; MOLTIPLICA Ax2, POICHÈ OGNI
                                        ; INGRESSO DELLA
                                        ; TABELLA È DI DUE BYTE.
0225:  AA               TAX             ; USA A COME INDICE
0226:  AD 01 A0         LDA PORT1       ; ACCETTA I CONTENUTI DELLA PORTA
                                        ; PER IL COMPLEMENTO
```

Figura 5.3: Programma del quadrato magico

```
0229:  5D 6B 02          EOR  TABLE, X     ; OR ESCLUSIVO DEI CONTENUTI PORTA E
                                           ; STRUTTURA
022C:  8D 01 A0          STA  PORT1        ; RIPRISTINA PORT1
022F:  AD 00 A0          LDA  PORT2        ; RIPETI PER PORT2,
0232:  5D 6C 02          EOR  TABLE+1, X   ; USANDO L'INGRESSO SUCCESSIVO
                                           ; ALLA TABELLA.
0235:  29 01             AND  #01          ; MASCHERA I LED DELLA RIGA IN BASSO
0237:  8D 00 A0          STA  PORT2        ; ... E RIPRISTINA.

                 ; QUESTA PARTE CONTROLLA I LED PER UNA SITUAZIONE VINCENTE

023A:  4A                LSR  A            ; SCORRIMENTO DEL BIT O DELLA PORT1
                                           ; NEL CARRY.
023B:  90 D9             BCC  KEY          ; SE NON STRUTTURA VINCENTE,
                                           ; ACCETTA MOSSA SUCCESSIVA
023D:  AD 01 A0          LDA  PORT1        ; CARICA PORT1 CON TEST DI VITTORIA
0240:  C9 FF             CMP  #%11101111   ; CONTROLLA SE STRUTTURA VINCENTE
0242   D0 D2             BNE  KEY          ; NESSUNA VITTORIA, ACCETTA LA
                                           ; MOSSA SUCCESSIVA

                 ; VITTORIA: LAMPEGGIA 4 VOLTE I LED OGNI 1/2 SECONDO

0244:  A9 0E             LDA  #14
0246:  85 00             STA  TEMP         ; CARICA IL NUMERO DI LAMPEGGI
024B:  A2 20     BLINK   LDX  #$20         ; COSTANTE DI RITARDO PER 0,08 SEC
024A:  A0 FF     DELAY   LDY  #$FF         ; CICLO ESTERNO DELLA ROUTINE DI
                                           ; RITARDO VARIABILE,
                                           ; IL CUI TEMPO DI RITARDO È
                                           ; 2556 * (CONTENUTI DI X ALLA
                                           ; CHIAMATA)
024C:  EA        DLY     NOP               ; CICLO DI 10 MICROSEC
024D:  D0 00             BNE  . +2
024F:  88                DEY
0250:  D0 FA             BNE  DLY
0252:  CA                DEX
0253:  D0 F5             BNE  DELAY
0255:  AD 01 A0          LDA  PORT1        ; ACCETTA LE PORTE E COMPLEMENTALE
0258:  49 FF             EOR  #$FF
025A:  8D 01 A0          STA  PORT1
025D:  AD 00 A0          LDA  PORT2
0260:  49 01             EOR  #1
0262:  8D 00 A0          STA  PORT2
0265:  C6 00             DEC  TEMP         ; CONTO ALLA ROVESCIA DEL NUMERO DI
                                           ; LAMPEGGI
0267:  D0 DF             BNE  BLINK        ; RIPETI SE NON FATTO
0269:  F0 AB             BEQ  KEY          ; ACCETTA LA MOSSA SUCCESSIVA

                 ; TABELLA DEI CODICI IMPIEGATI PER COMPLEMENTARE I LED

026B:  1B        TABLE        .BYT %00011011,%00000000
026C:  00
026D:  07                     .BYT %00000111,%00000000
026E:  00
026F:  36                     .BYT %00110110,%00000000
0270:  00
0271:  49                     .BYT %01001001,%00000000
0272:  00
0273:  BA                     .BYT %10111010,%00000000
0274:  00
0275:  24                     .BYT %00100100,%00000001
0276:  01
```

Figura 5.3: Programma del quadrato magico (continua)

```
0277:  D8                    .BYT %11011000,%00000000
0278:  00
0279:  C0                    .BYT %11000000,%00000001
027A:  01
027B:  B0                    .BYT %10110000,%00000001
027C:  01

SYMBOL TABLE:
GETKEY    0100    T1CL    A004    PORT1    A001
PORT2     A000    TEMP    0000    DDRA     A003
DDRB      A002    START   0208    KEY      0216
BLINK     0248    DELAY   024A    DLY      024C
TABLE     026B

%
```

Figura 5.3: Programma del quadrato magico (continua)

precedente, leggendo il valore del VIA #1 timer. Qualora non sia disponibile un timer, si dovrebbe utilizzare una routine per la generazione di numeri casuali.

I registri di direzione dati delle Porte A e B del VIA sono configurati come uscite per pilotare i LED:

```
LDA #$FF
STA DDRA
STA DDRB
```

I numeri "casuali" sono quindi ottenuti leggendo il valore del timer 1 del VIA e sono utilizzati per fornire una struttura casuale dei LED. (Due numeri forniscono 16 bit, di cui ne sono utilizzati 9).

```
START    LDA T1CL      Accetta il primo numero
         STA PORT1     Impiegalo
         LDA T1CL      Accetta il secondo numero
         AND #01       Conserva solo la posizione 0
         STA PORT2     Usala
```

Al capitolo precedente è stata fornita una spiegazione dell'impiego di T1CL. Successivamente il programma esamina la tastiera per vedere quale tasto ha premuto il giocatore. Esso accetterà solo gli ingressi da "0" a "9" e scarterà tutti gli altri:

```
KEY      JSR GETKEY
```

```
CMP #0          È il tasto 0?
BEQ START
CMP #10
BPL KEY         Se tasto = 10 accettane un
                altro
```

Se il giocatore ha premuto il tasto "0", il programma viene rinizializzato con una nuova struttura dei LED del display. Se il valore premuto è compreso tra "1" e "9", allora viene eseguita la corrispondente variazione sulla configurazione LED. Il numero del tasto verrà utilizzato come indice alla tabella dei codici di complementazione. Poichè i tasti hanno i numeri compresi tra 1 e 9, per l'impiego come indice occorre preliminarmente decrementare il numero di tasto di un'unità. Inoltre, poichè la tabella contiene ingressi di due byte, il numero indice deve essere moltiplicato per 2. Questo viene eseguito dalle seguenti tre istruzioni:

```
SEC
SBC #1          Sottrai 1
ASL A           Moltiplica per 2
```

Si ricordi che uno scorrimento a sinistra è equivalente, nel sistema binario, ad una moltiplicazione per 2. Il valore risultante viene impiegato come indice e memorizzato nel registro indice X:

```
TAX
```

La struttura dei LED viene memorizzata nei registri dei dati della Porta A. Verrà eseguita la complementazione mediante l'istruzione EOR sulla Porta 1 e quindi sulla Porta 2:

```
LDA PORT1
EOR TABLE,X     Complementa la porta 1
STA PORT1
LDA PORT2       Analogamente per porta 2
EOR TABLE+1,X
AND #01         Maschera i bit non utilizzati
STA PORT2
```

Notate che il valore aritmetico del tempo di assemblaggio viene impiegato per specificare il secondo byte della tabella:

```
EOR TABLE + 1,X
```

Una volta che la struttura è stata complementata, il programma controlla se si tratta di un pattern vincente. A tale scopo, vengono confrontati i contenuti della Porta 1 e della Porta 2 con la struttura corretta. Per la Porta 2 si ha: "0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1", mentre per la Porta 1 si ha: "1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1". Si può eseguire immediatamente il test del bit 0 della Porta 2 dopo uno scorrimento a sinistra:

```
        LSR A          Fai scorrere il bit 0 della Porta 2
        BCC KEY
```

I contenuti della Porta 1 devono essere esplicitamente confrontati con la struttura corretta:

```
        LDA PORT1
        CMP #%11101111
        BNE KEY
```

Per confermare una vincita, i LED vengono fatti lampeggiare sulla scheda. TEMP viene utilizzato come variabile contatore; X viene utilizzato per impostare la durata del ritardo fisso. Y viene utilizzato come contatore del ciclo più interno. Ogni porta viene complementata dopo che è trascorso il ritardo.

```
        LDA #14
        STA TEMP       Carica il numero di lampeggi
BLINK   LDX #$20       Costante di ritardo per 0,08sec
DELAY   LDY #$FF       Ciclo esterno della routine
                       di ritardo variabile, il cui
                       tempo di ritardo è 2556x
                       (Contenuti di X alla chiamata)
                       ciclo di 10 µs
DLY     NOP
        BNE. + 2
        DEY
        BNE DLY
        DEX
        BNE DELAY
        LDA PORT1      Accetta le porte
                       e complementale
        EOR #$FF
        STA PORT1
        LDA PORT2
```

```
EOR #1
STA PORT2
DEC TEMP        Conta alla rovescia il
                numero di lampeggi
BNE BLINK       Ripeti se non è fatto
BEQ KEY         Accetta l'ingresso successivo
```

SOMMARIO

Questo gioco di abilità richiede una tabella speciale per le diverse complementazioni. Il timer viene utilizzato direttamente per fornire un numero pseudo-casuale, al posto del programma. La configurazione LED viene memorizzata direttamente sui registri del chip di I/O.

ESERCIZI

Esercizio 5-1: *Riscrivete la fine del programma utilizzando una subroutine di ritardo.*

Esercizio 5-2: *La struttura di partenza sarà ragionevolmente casuale?*

Esercizio 5-3: *Aggiungete degli effetti sonori.*

Esercizio 5-4: *Consentite l'impiego del tasto "A" per eseguire una diversa variazione, quale una complementazione totale.*

Esercizio 5-5: *(più difficile) Scrivete un programma che consenta al computer di giocare e vincere.*

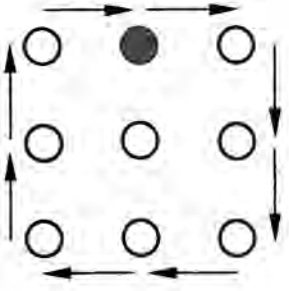
Esercizio 5-6: *Aggiungete all'esercizio precedente la seguente caratteristica: registrate il numero di mosse eseguite dal computer e giocate contro il computer. Dovreste vincere usando meno mosse. Potete specificare un pattern ideale di partenza per voi e per il computer. In questo caso il computer vi "rispecchia". Se il computer richiede più mosse rispetto a voi, allora siete un giocatore molto abile, un giocatore fortunato oppure un programmatore non eccellente. Forse state usando l'algoritmo errato!*

CAPITOLO 6

SPINNER

LE REGOLE

La posizione di LED accesa si sposta attorno al quadrato formato dai LED 1, 2, 3, 6, 9, 8, 7 e 4 in senso orario.



Scopo del gioco è di fermare la luce premendo il tasto corrispondente al LED nell'istante esatto in cui il LED viene acceso. Ogni volta che la luce rotante viene arrestata con successo, essa ricomincia a ruotare ad una velocità più elevata. Ogni volta che il giocatore non riesce ad arrestare il LED acceso in 32 giri, la luce si arresta brevemente sul LED # 4 e quindi riprende a ruotare a velocità più bassa. Il giocatore esperto sarà in grado di eseguire il gioco a una velocità di rotazione sempre più veloce, fino a raggiungere la massima velocità. A questo punto, tutti i LED sulla Scheda Giochi (i LED da 1 a 15), si accendono contemporaneamente. Si tratta di una vittoria ed inizia un nuovo gioco.

Ogni singola vittoria (arresto della luce accesa) viene indicata al giocatore da un ritardo dell'accensione del LED corrispondente al tasto premuto. Alla vittoria di una partita completa, tutti i LED della Scheda Giochi vengono accesi.

Questo gioco serve per provare i riflessi del giocatore, oppure il suo tempo di reazione. In alcuni casi la reazione del giocatore può essere troppo lenta da non riuscire a fermare la rotazione dei LED anche alla minima velocità. In questo caso il giocatore può essere autorizzato a premere due, oppure anche tre tasti consecutivi alla volta. Questo estende il tempo di risposta del giocatore. Per esempio, con questo programma, se il giocatore premesse i tasti 7, 8 e 9 contemporaneamente, la luce si arresterebbe se si trovasse in una qualsiasi di queste posizioni (7, 8 oppure 9).

L'ALGORITMO

La Fig. 6.1 riporta il diagramma di flusso. Il gioco può essere eseguito ad otto livelli di difficoltà, corrispondenti alle successive velocità del "blip" (segnale di ritorno) viaggiante con velocità crescente attorno al quadrato di LED. Un registro contatore di 8 bit viene impiegato contemporaneamente per due funzioni. (Vedere la Fig. 6.2). I 3 bit inferiori di questo registro vengono impiegati come "contatori di blip" e puntano alla posizione corrente della luce sul quadrato di LED. Tre bit selezioneranno un LED su otto. I 5 bit di estrema sinistra di questo registro sono impiegati come "contatore di ciclo" per indicare quante volte il blip attraversa il ciclo. Cinque bit consentono fino a 32 ripetizioni. I LED vengono illuminati in successione incrementando questo contatore. Ogni volta che il contatore di blip passa da 8 a 0 si introduce un riporto nel contatore del ciclo, in modo da incrementarlo automaticamente. Questi due contatori concettualmente diversi vengono allocati nel registro Y in modo da facilitare la programmazione. Naturalmente si potrebbe adottare una convenzione diversa.

Ogni volta che si accende un LED, viene esplorata la tastiera per determinare se è stato premuto il tasto corrispondente. Notare che, se il tasto era premuto prima dell'accensione del LED, esso sarà ignorato. Questo viene realizzato per mezzo di un "flag non valido". Quindi l'algoritmo controlla se era inizialmente premuto un tasto e quindi ignora qualsiasi eventuale chiusura successiva. Si ottiene una costante di ritardo moltiplicando il livello di difficoltà per quattro. Quindi, durante il ritardo in cui il LED è acceso, viene eseguito un nuovo controllo per vedere se nessun tasto era premuto all'inizio di questa routine. Se un tasto era stato premuto all'inizio, esso verrà omesso ed il programma non eseguirà alcun controllo di chiusura tasto, in quanto sarà stato posto ad uno il "flag non valido".

Ogni volta che viene premuto il tasto corretto durante il ritardo in cui il LED è acceso (ramificazione a sinistra sul diagramma di flusso nella parte centrale della Fig. 6.1), il valore del livello di difficoltà viene

decrementato (un numero inferiore del livello di difficoltà implica una velocità di rotazione più elevata). Per ogni sbaglio da parte del giocatore, il valore della difficoltà viene incrementato fino a 15, con conseguente riduzione della velocità di rotazione della luce. Una volta raggiunto il livello di difficoltà 0, se viene registrato un successo, tutti i LED sulla scheda si accenderanno per riconoscere la situazione.

IL PROGRAMMA

Strutture dei dati

Il programma impiega due tabelle. La tabella KYTBL memorizza i numeri dei tasti corrispondenti alla sequenza circolare di LED: 1, 2, 3, 6, 9, 8, 7, 4. Essa si trova agli indirizzi di memoria da 0B a 12. La Fig. 6.3 riporta il listing del programma.

La seconda tabella, LTABLE, contiene la struttura di bit richiesta che deve essere inviata alla porta del VIA per illuminare i LED in sequenza. Per esempio, per illuminare il LED # 1, occorre inviare la configurazione di bit "00000001" oppure 01 esadecimale. Per illuminare il LED # 2 deve essere inviata la configurazione di bit "00000010", ovvero 02 esadecimale. Analogamente per gli altri LED la struttura richiesta è rispettivamente: 04, 20, 00, 80, 40, 0B in esadecimale.

Notate che esiste un'eccezione per il LED # 9. La struttura corrispondente è 0 per la Porta 1, mentre il bit 0 della Porta 2 deve essere posto ad uno. Successivamente è necessario controllare questa situazione speciale.

Implementazione del programma

Nella pagina 0 della memoria sono memorizzate tre variabili:

DURAT	È il ritardo tra due accensioni di LED consecutive
DIFCLT	È il "livello di difficoltà" (inverso)
DNTST	È un flag impiegato per rilevare una chiusura di tasto non consentita durante la scansione dei tasti.

Come al solito, il programma inizializza i tre registri di direzione dati richiesti: DDR1 sulla Porta A e sulla Porta B per i LED e DDR3B per la tastiera:

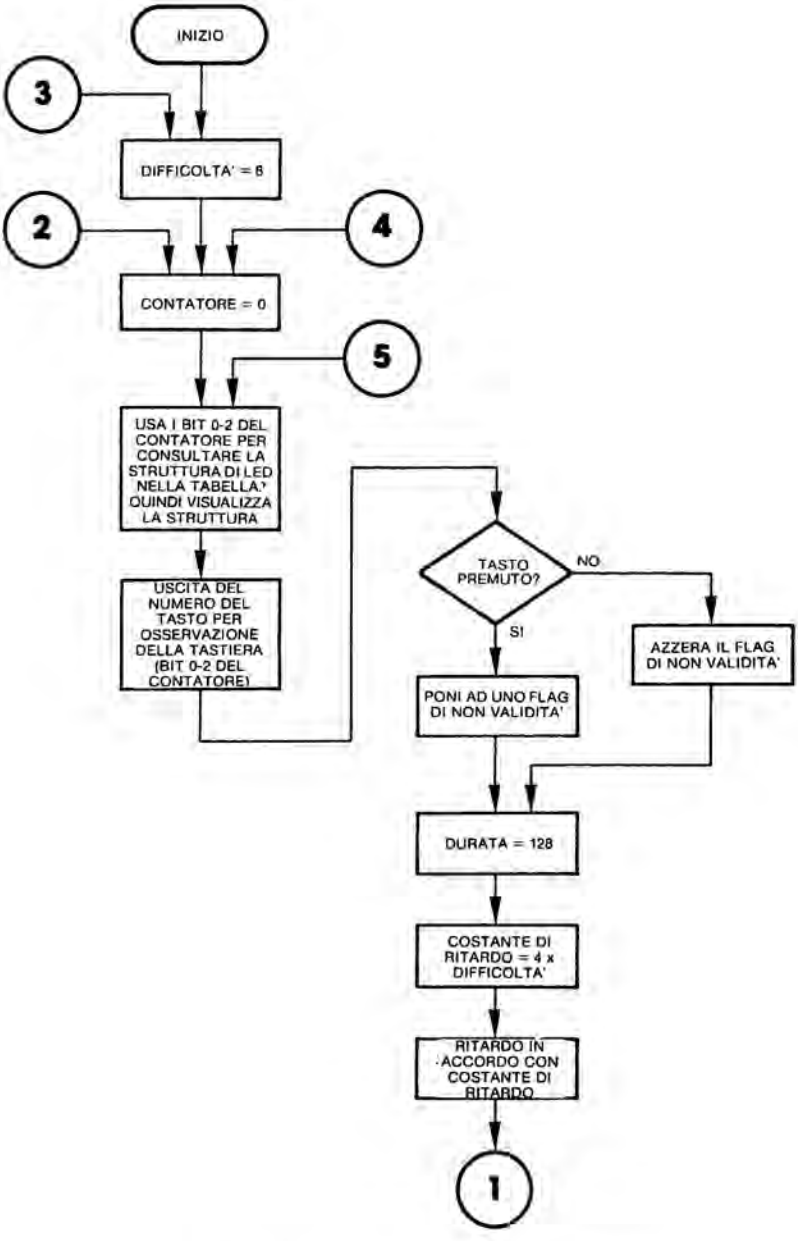


Figura 6.1: Diagramma di flusso dello Spinner

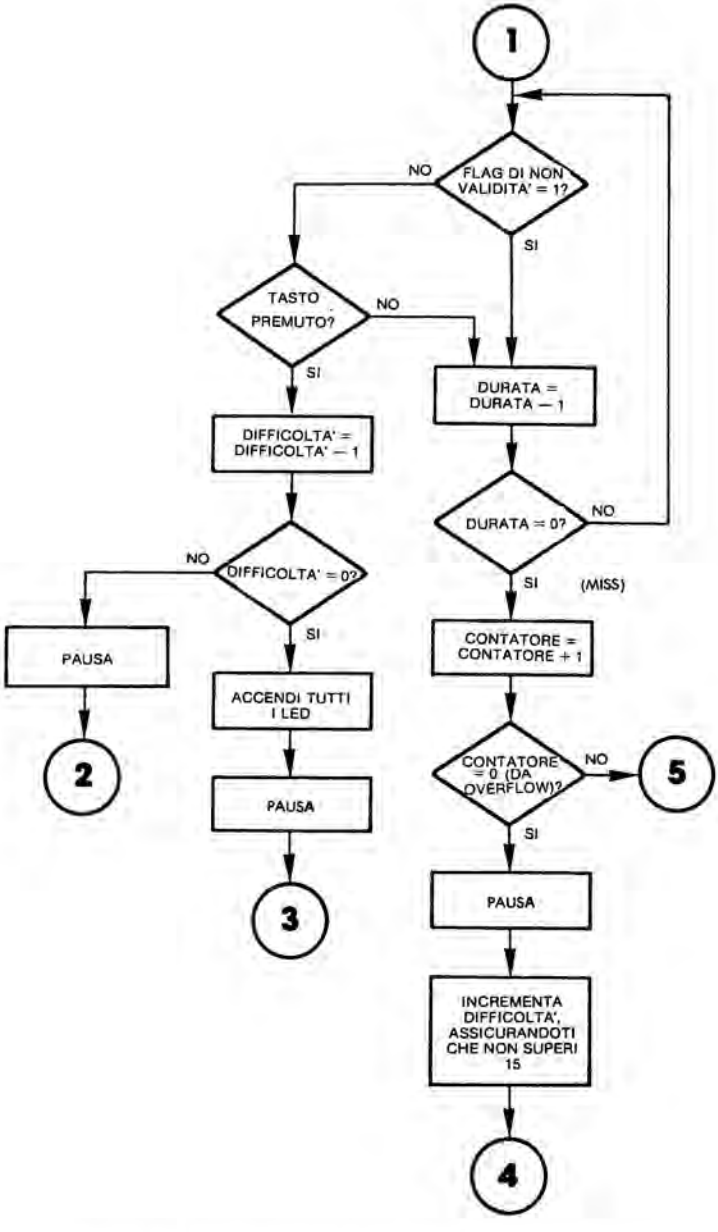


Figura 6.1: Diagramma di flusso dello Spinner (continua)

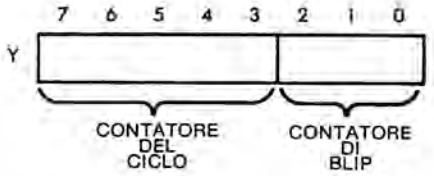


Figura 6.2: Contatore doppio

```
START       LDA #$FF
            STA DDRIA
            STA DDRIB
            STA DDR3B
```

Il livello di difficoltà viene posto ad 8, un valore intermedio:

```
            LDA #8
            STA DFCLT
```

La porta di strobe del tasto viene condizionata come ingresso:

```
            STA DDR3A
```

Il registro Y, da impiegare come contatore il blip più ciclo generalizzato, viene posto a "0":

```
NWGME       LDY #0
```

L'indicatore di tasto premuto viene anch'esso posto a "0":

```
LOOP        LDA #0
            STA DNTST
```

Il LED # 9 viene azzerato:

```
            STA PORT1B
```

Vengono estratti i tre bit inferiori del contatore. Essi contengono il contatore di blip e sono impiegati come indice nella tabella del pattern di LED:

```
            TYA          Y contiene il contatore
            AND #$07     Estrai i 3 bit inferiori
            TAX          Impiegali come indice
```

```
LINE  # LOC   CODE   LINE
0002  0000           ;          'SPINNER'
0003  0000           ; PROGRAMMA PER VERIFICARE IL TEMPO DI REAZIONE DEL
                     ; GIOCATORE.
0004  0000           ; I LED DI UNA MATRICE 3x3 ESEGUONO UNA ROTAZIONE
0005  0000           ; E L'UTENTE DEVE PREMERE IL TASTO CORRISPONDENTE AL
0006  0000           ; LED ACCESO, SE DOPO UN CERTO NUMERO DI ROTAZIONI,
0007  0000           ; NON È STATO PREMUTO IL TASTO CORRETTO, LA ROTAZIONE
                     ; DEL BLIP RALLENTA
0008  0000           ; SE È STATO PREMUTO IL TASTO CORRETTO, LA ROTAZIONE
0009  0000           ; DEL BLIP DIVENTA PIU' VELOCE SI ACCENDONO TUTTI I LED
0010  0000           ;  QUANDO SI PREME CORRETTAMENTE IL TASTO ALLA
0011  0000           ; MASSIMA VELOCITA'
0012  0000           ;
0013  0000           ;I/O :
0014  0000           ;
0015  0000           PORT1A  =   $A001        ; LED 1-8
0016  0000           PORT1B  =   $A000        ; LED 8-15
0017  0000           DDR1A   =   $A003
0018  0000           DDR1B   =   $A002
0019  0000           PORT3A  =   $AC01        ; INGRESSO STROBE DEL TASTO.
0020  0000           PORT3B  =   $AC00        ; USCITA # TASTO.
0021  0000           DDR3A   =   $AC03
0022  0000           DDR3B   =   $AC02
0023  0000           ;
0024  0000           ; MEMORIZZAZIONE VARIABILE:
0025  0000           ;
0026  0000                   *=  $ 0
0027  0000           ;
0028  0000           DURAT   *=*+1            ; DURATA DEL RITARDO TRA I
                                                ; MOVIMENTI.
0029  0001           DIFCLT  *=*+1            ; LIVELLO DI DIFFICOLTA'.
0030  0002           DNTST   *=*+1            ; IMPOSTALO A $01 SE TASTO
                                                ; PREMUTO ALL'INIZIO
0031  0003                   ; DEL RITARDO TRA I MOVIMENTI.
0032  0003           ;
0033  0003           ; TABELLA DELLE STRUTTURE DA INVIARE
0034  0003           ; ALLA MATRICE DI LED AD OGNI CONTEGGIO DEL CICLO.
0035  0003           ; PREDISPONI INIZIO ROTAZIONE IN SENSO ORARIO AL LED # 1.
0036  0003           ;
0037  0003  01       LTABLE  .BYTE $01,$02,$04,$20,$00,$80,$40,$08
0037  0004  02
0037  0005  04
0037  0006  20
0037  0007  00
0037  0008  80
0037  0009  40
0037  000A  08
0038  000B           ;
0039  000B           ; TABELLA DELLE STRUTTURE DA INVIARE ALLA TASTIERA.
0040  000B           ;  PER VERIFICARE SE I LED SONO ACCESI AD OGNI
                     ; CONTEGGIO DEL CICLO.
0041  000B           ;
0042  000B  01       KYTBL  .BYTE 1,2,3,6,9,8,7,4
0042  000C  02
0042  000D  03
0042  000E  06
0042  000F  09
0042  0010  08
0042  0011  07
0042  0012  04
```

Figura 6.3: Programma dello Spinner

```
0043  0013                ;
0044  0013                ; PROGRAMMA PRINCIPALE
0045  0013                ;
0046  0013                      * =  $ 200
0047  0200                ;
0048  0200  A9 FF   START  LDA  # $ FF      ; IMPOSTA I REGISTRI DI I/O.
0049  0202  8D 03 A0       STA  DDR1A
0050  0205  8D 02 A0       STA  DDR1B
0051  0208  8D 02 AC       STA  DDR3B
0052  020B  A9 08          LDA  # 8
0053  020D  85 01          STA  DIFCLT      ; IMPOSTA DIFFICOLTA'.
0054  020F  8D 03 AC       STA  DDR3A       ; IMPOSTA LA PORTA DELLA
                                            ; TASTIERA.
0055  0212  A0 00   NWGME  LDY  # 0         ; RESET DEL CONTATORE CICLO
                                            ; /BLIP.
0056  0214  A9 00   LOOP   LDA  # 0
0057  0216  85 02          STA  DNTST       ; AZZERA L'INDICATORE DI TASTO
                                            ; PREMUTO.
0058  0218  8D 00 A0       STA  PORT1B      ; AZZERA LA PORTA HI DEI LED.
0059  021B  98             TYA              ; USA I 3 BIT INFERIORI DEL
                                            ; CONTATORE PRINCIPALE
0060  021C  29 07          AND  # $ 07      ; COME INDICE PER TROVARE LA
                                            ; STRUTTURA DI LED
0061  021E  AA             TAX              ; NELLA TABELLA DELLE
                                            ; STRUTTURE.
0062  021F  B5 03          LDA  LTABLE,X    ; ACCETTA LA STRUTTURA DEI
0063  0221                                  ; LED DA ACCENDERE.
0064  0221  8D 01 A0       STA  PORT1A      ; MEMORIZZA NELLA PORTA DEI
                                            ; LED.
0065  0224  D0 05          BNE  CHECK       ; SE STRUTTURA <> 0, SALTA.
0066  0226  A9 01          LDA  # 1         ; STRUTTURA = 0, QUINDI PONI AD
                                            ; 1 BIT HI.
0067  0228  8D 00 A0       STA  PORT1B
0068  022B  B5 0B   CHECK  LDA  KYTBL,X     ; ACCETTA IL # DEL TASTO PER IL
                                            ; TEST.
0069  022D  8D 00 AC       STA  PORT3B      ; MEMORIZZALO NELLA PORTA
                                            ; DEL TASTO.
0070  0230  2C 01 AC       BIT  PORT3A      ; STROBE HI?
0071  0233  30 04          BMI  DELAY       ; SE NO, SALTA.
0072  0235  A9 01   INVALD LDA  # 01        ; STROBE HI, PONI AD 1 MARKER
                                            ; TASTO PREMUTO.
0073  0237  85 02          STA  DNTST
0074  0239  A9 80   DELAY  LDA  # $ 80      ; ACCETTA # DI CICLI
                                            ; (LUNGHEZZA DEL RITARDO)
0075  023B  85 00          STA  DURAT
0076  023D  A5 01   DL1    LDA  DIFCLT      ; MOLTIPLICA IL CONTATORE DI
                                            ; DIFFICOLTA'
0077  023F  0A             ASL  A           ; PER QUATTRO IN MODO DA
                                            ; DETERMINARE
0078  0240  0A             ASL  A           ; LA LUNGHEZZA DEL RITARDO.
0079  0241  AA             TAX
0080  0242  26 02   DL2    ROL  DNTST       ; RITARDO IN ACCORDO ALLA
                                            ; DIFFICOLTA'.
0081  0244  66 02          ROR  DNTST
0082  0246  CA             DEX
0083  0247  D0 F9          BNE  DL2         ; CICLO FINCHÈ CONTEGGIO = 0
0084  0249  A5 02          LDA  DNTST       ; ACCETTA IL FLAG DI TASTO
                                            ; PREMUTO.
0085  024B  D0 05          BNE  NOTST       ; SE IL TASTO ERA PREMUTO
                                            ; ALL'INIZIO DEL RITARDO.
0086  024D                 ; NON ESEGUIRE IL SUO TEST.
0087  024D  2C 01 AC       BIT  PORT3A      ; CONTROLLA STROBE DEL TASTO.
0088  0250  10 19          BPL  HIT         ; IL TASTO È STATO PREMUTO
                                            ; DURANTE IL RITARDO: VAI A HIT.
```

Figura 6.3: Programma dello Spinner (continua)

```
0089  0252  C6 00      NOTST  DEC  DURAT     ; CONTO ALLA ROVESCIA DEL
                                             ; CICLO DI RITARDO.
0090  0254  D0 E7             BNE  DL1       ; RICICLA SE NON 0.
0091  0256  C8                INY            ; INCREMENTA IL CONTATORE DI
                                             ; ROTAZIONE PRINCIPALE.
0092  0257  D0 BB             BNE  LOOP      ; SE NON ESEGUITI 32 CICLI,
                                             ; ESEGUI ALTRO CICLO.
0093  0259  A6 01             LDX  DIFCLT    ; NESSUN SUCCESSO QUESTA
                                             ; VOLTA, VA ALLA SUCCESSIVA
0094  025B                         ; EASIER.
0095  025B  E8                INX
0096  025C  8A                TXA            ; ASSICURATI CHE DIFFICOLTA'
0097  025D  C9 10             CMP  # 16      ; NON SUPERI 15
0098  025D  D0 02             BNE  OK
0099  0261  A9 0F             LDA  # 15
0100  0263  85 01      OK     STA  DIFCLT
0101  0265  20 80 02          JSR  WAIT      ; PAUSA DI UN BIT.
0102  0268  4C 12 02          JMP  NWGME     ; INIZIA NUOVO ROUND.
0103  026B  20 80 02 HIT      JSR  WAIT      ; PAUSA DI UN BIT.
0104  026E  C6 01             DEC  DIFCLT    ; RENDI PIU' DIFFICILE NUOVO
                                             ; GIOCO.
0105  0270  D0 A0             BNE  NWGME     ; SE DIFFICOLTA' NON 0 (PIU'
                                             ; DIFFICILE)
0106  0272                                   ; ESEGUI NUOVO GIOCO.
0107  0272  A9 FF             LDA  # $FF     ; IL GIOCATORE HA ESEGUITO IL
                                             ; LIVELLO DI
0108  0274  8D 01 A0          STA  PORT1A    ; MASSIMA DIFFICOLTA', ACCENDI
                                             ; TUTTI I LED.
0109  0277  8D 00 A0          STA  PORT1B
0110  027A  20 80 02          JSR  WAIT      ; PAUSA DI UN BIT.
0111  027D  4C 00 02          JMP  START     ; ESEGUI UN ALTRO GIOCO.
0112  0280                ;
0113  0280                ; SUBROUTINE 'WAIT'
0114  0280                ; RITARDO BREVE.
0115  0280                ;
0116  0280  A0 FF       WAIT  LDY  # $ FF
0117  0282  A2 FF       LP1   LDX  # $ FF
0118  0284  66 00       LP2   ROR  DURAT
0119  0286  26 00             ROL  DURAT
0120  0288  66 00             ROR  DURAT
0121  028A  26 00             ROL  DURAT
0122  028C  CA                DEX
0123  028D  D0 F5             BNE  LP2
0124  028F  88                DEY
0125  0290  D0 F0             BNE  LP1
0126  0292  60                RTS
0127  0293                    .END


SYMBOL TABLE

SYMBOL VALUE

CHECK   022B   DDR1A   A003   DDR1B   A002   DDR3A   AC03
DDR3B   AC02   DELAY   0239   DIFCLT  0001   DL1     023D
DL2     0242   DNTST   0002   DURAT   0000   HIT     026B
INVALD  0235   KYTBL   000B   LOOP    0214   LP1     0282
LP2     0284   LTABLE  0003   NOTST   0252   NWGME   0212
OK      0263   PORT1A  A001   PORT1B  A000   PORT3A  AC01
PORT3B  AC00   START   0200   WAIT    0280
END OF ASSEMBLY
```

Figura 6.3: Programma dello Spinner (continua)

La struttura viene ottenuta da LTABL, impiegando un meccanismo di indirizzamento indicizzato con il registro X, e questa configurazione viene inviata in uscita sulla Porta 1A per accendere il LED appropriato:

```
        LDA LTABLE,X   Accetta la configurazione
        STA PORT1A     Impiegala per illuminare i LED
```

Come si è visto al paragrafo precedente, occorre eseguire un controllo esplicito per la struttura "0", la quale richiede che il bit 0 della Porta B sia posto ad uno. Questo corrisponde al LED # 9:

```
        BNE CHECK      La struttura era =0?
        LDA #1         Se no poni LED # 9
        STA PORT1B
```

Una volta acceso il LED corretto, la tastiera deve essere esplorata per determinare se il giocatore ha già premuto il tasto corretto. Il programma controlla soltanto il numero di tasto corrispondente al LED che deve essere acceso:

```
CHECK   LDA KYTBL,X    X contiene il puntatore corretto
        STA PORT3B     Seleziona il tasto corretto
        BIT PORT3A     Strobe attivo?
        BMI DELAY      Se no, salta
```

Se il tasto corrispondente è premuto (strobe attivo sulla Porta 3A), viene posto ad uno il flag di tasto premuto DNTST:

```
INVALD  LDA #01
        STA DNTST
```

Questa è una chiusura di tasto non consentita. Essa verrà ignorata. Viene implementato un ritardo per mantenere il LED acceso caricando un valore nella locazione di memoria DURAT. Questa locazione viene impiegata come contatore di ciclo. Essa sarà successivamente decrementata e genererà una ramificazione indietro alla locazione DL1:

```
DELAY   LDA #$80
        STA DURAT
```

Il contatore di difficoltà, DIFCLT, viene quindi moltiplicato per quattro. Questo viene eseguito da due scorrimenti successivi a sinistra:

```
DL1     LDA DIFCLT
        ASL A
        ASL A
        TAX
```

Il risultato viene salvato nel registro indice X. Esso determinerà la lunghezza del ritardo. Al diminuire del livello di difficoltà, diminuirà la durata del ritardo.
Viene quindi implementato il ciclo di ritardo:

```
DL2     ROL DNTST
        ROR DNTST
        DEX
        BNE DL2         Ricicla finchè conteggio =0
```

Il flag di tasto premuto, DNTST, viene quindi prelevato dalla memoria e controllato. Se il tasto era premuto all'inizio di questa ragione routine, si ha la ramificazione della locazione NOTST. Altrimenti, se si verifica una chiusura, si ha la ramificazione alla locazione HIT (battuta):

```
        LDA DNTST
        BNE NOTST
        BIT PORT3A      Controlla strobe del tasto
        BPL HIT
```

A NOTST prosegue l'esecuzione del ciclo di ritardo esterno; il valore di DURAT viene decrementato e si verifica una ramificazione indietro alla locazione DL1, a meno che DURAT non sia decrementata a "0". Ogni volta che il ritardo è decrementato a "0" senza che si sia riscontrata la pressione del tasto corretto, il contatore principale (il registro Y) viene incrementato di 1. Questo fa avanzare il contatore di blip (i tre bit inferiori del registro Y) al LED successivo. Comunque, se il contatore di blip stata puntando al LED # 4 (l'ultimo della nostra sequenza), il contatore del ciclo (i 5 bit superiori del registro Y) sarà automaticamente incrementato di 1 quando avanza il contatore di blip. Se il contatore del ciclo raggiunge il valore 32, il valore del registro Y dopo l'operazione di incremento sarà "0" (infatti si è verificato un overflow nel bit carry). Questa condizione viene verificata esplicitamente:

```
NOTST   DEC DURAT
        BNE DL1         Ricicla se non 0
        INY             Incrementa contatore
        BNE LOOP        32 cicli?
```

Una volta verificatosi l'overflow del registro Y, cioè dopo l'esecuzione di 32 cicli, il valore di difficoltà viene aumentato, con conseguente riduzione della velocità di rotazione:

```
        LDX DIFCLT      Insuccesso. Rendi più facile
        INX
```

Il massimo livello di difficoltà è 15 e questo viene verificato esplicitamente:

```
        TXA             Solo A può essere confrontato
        CMP #16
        BNE OK
        LDA #15         Arriva al massimo di 15
OK      STA DIFCLT
```

Infine viene implementata una breve pausa:

```
        JSR WAIT
```

ed inizia una nuova rotazione:

```
        JMP NWGME
```

Anche in caso di successo viene implementata una pausa:

```
HIT     JSR WAIT
```

quindi il gioco viene reso più difficile decrementando il conteggio di difficoltà (DIFCLT)

```
        DEC DIFCLT
```

Quindi si verifica se il valore di difficoltà è "0" (rotazione più veloce possibile). Se si è raggiunto il livello "0", il giocatore ha vinto il gioco e vengono accesi tutti i LED:

```
        BNE NWGME       Se non 0, esegui un altro gioco
        LDA #$FF        È una vittoria
        STA PORT1A      Accendi i LED
        STA PORT1B
```

Viene implementata la solita pausa ed iniza un nuovo gioco:

```
        JSR WAIT
        JMP START
```

La pausa viene ottenuta con la solita routine di ritardo chiamata "WAIT". Si tratta di una routine di tipo classico con ciclo di ritardo a due livelli annidati ed istruzioni addizionali di non operazione inserite all'indirizzo 0286 per renderla più lunga:

```
WAIT    LDY #$FF
LP1     LDX #$FF
LP2     ROR DURAT
        ROL DURAT
        ROR DURAT
        ROL DURAT
        DEX
        BNE LP2
        DEY
        BNE LP1
        RTS
```

SOMMARIO

Questo programma implementa un gioco di abilità. Sono disponibili livelli multipli di difficoltà per rendere più arduo il compito del giocatore. Poichè il tempo di reazione umano è elevato, tutti i ritardi sono stati implementati come cicli di ritardo. Per motivi di efficienza, in un singolo registro è stato implementato un contatore doppio: il contatore di blip ed il contatore del ciclo.

ESERCIZI

Esercizio 6-1: *Esistono diversi modi per "ingannare" questo programma. Qualsiasi tasto può essere fatto oscillare rapidamente. Inoltre è possibile premere un numero qualsiasi di tasti contemporaneamente aumentando in modo massiccio le probabilità di successo. Modificate il programma precedente in modo da prevenire queste due possibilità.*

Esercizio 6-2: *Variate la velocità di rotazione della luce attorno ai LED modificando la locazione di memoria appropriata. (Suggerimento: Questa locazione di memoria ha un nome indicato all'inizio del programma).*

Esercizio 6-3: *Aggiungete degli effetti sonori.*

CAPITOLO 7

SLOT MACHINE

LE REGOLE

Questo programma simula una slot machine del tipo che si possono trovare a Las Vegas. La rotazione delle ruote di una slot machine è simulata da tre linee verticali di luce sulle colonne di LED 1-4-7, 2-5-8 e 3-6-9. Le luci "ruotano" attorno a queste tre colonne ed eventualmente si arrestano. (Vedere Fig. 7.1). La combinazione finale di luce rappresentante il risultato del giocatore è formata dai LED 4-5-6, cioè dalla riga orizzontale centrale.

All'inizio di ciascun gioco, il giocatore ha un punteggio di otto punti. Il punteggio del giocatore viene visualizzato dal LED corrispondente sulla Scheda Giochi. All'inizio di ciascun gioco, è acceso il LED # 8, indicando un punteggio iniziale pari ad 8.

Il giocatore fa partire la slot machine premendo un tasto qualsiasi. Le luci iniziano a ruotare sulle tre righe verticali di LED. Una volta che si arrestano, la combinazione di luci sui LED 4, 5 e 6 determina il nuovo punteggio. Se nella riga centrale è acceso un solo LED o nessuno si ha una situazione perdente ed il giocatore perde un punto. Se sono accesi due LED nella riga centrale, il punteggio viene aumentato di un punto. Se sono accesi tre LED nella riga centrale, vengono aggiunti tre punti al punteggio del giocatore.

Ogni volta che si ottiene un risultato totale zero, il giocatore ha perso il gioco. Il giocatore vince se il suo punteggio arriva a 16. In questi casi viene emesso un suono dalla macchina. Mentre i LED stanno ruotando, l'altoparlante emette un crepitìo, rafforzando la sensazione di movimento. Ogni volta che le luci rotanti si arrestano, l'altoparlante emette un suono, acuto se si tratta di una situazione vincente, basso se perdente. In particolare, nel caso di tre luci accese nella riga centrale (una situazione vincente), l'altoparlante emette un beep-beep-beep acuto per sottolineare il fatto che il punteggio deve essere incrementato di tre punti. Ogni

volta che si raggiunge un massimo di 16 punti il giocatore ha ottenuto un "jackpot", ossia ha vinto il gioco. A questo punto tutti i LED sulla scheda si accendono contemporaneamente e viene generato un suono di sirena (con intensità crescente). Inversamente, se si raggiunge un risultato zero, viene emesso un suono di sirena di intensità decrescente.

Notare che, diversamente dal modello di Las Vegas, questa macchina vi consente di vincere frequentemente! Buona fortuna. Comunque, come sapete, non è solo un problema di fortuna ma è una conseguenza del metodo di programmazione (come nelle macchine di Las Vegas). Trovate che l'impostazione del punteggio e le probabilità di vincita possono essere facilmente modificate attraverso il programma.

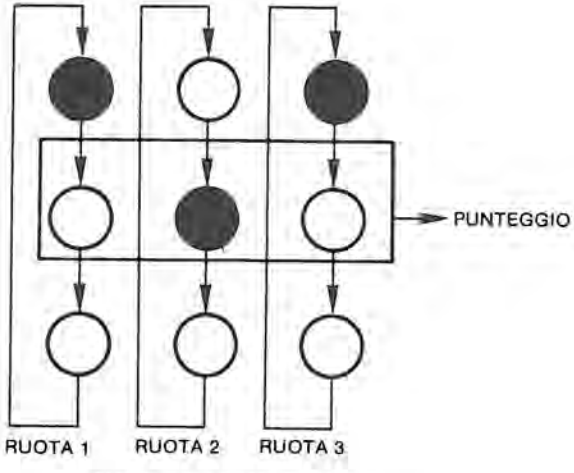


Figura 7.1: La slot machine

UNA GIOCATA TIPICA

La Scheda Giochi visualizza inizialmente un LED illuminato nella posizione 8. A questo punto il giocatore dovrebbe selezionare e premere un tasto. Per esempio, supponiamo che venga premuto il tasto 0. Le luci cominciano a ruotare. Alla fine di questa rotazione, sono accesi i LED 4, 5 e 9. (Vedere la Fig. 7.2). Questa è una situazione vincente e verrà sommato un punto al punteggio. Viene emesso un tono acuto. Viene quindi acceso il LED # 9 per indicare la somma degli 8 punti precedenti e del punto ottenuto in questa rotazione.

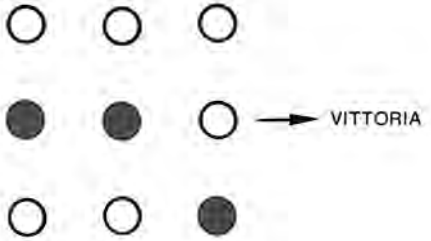


Figura 7.2: Una situazione vincente

Viene nuovamente premuto il tasto 0. Questa volta, dopo la rotazione, rimane acceso soltanto il LED 5 della riga centrale. Il punteggio ritorna ad 8. (Ricordate che il giocatore perde un punto del suo punteggio se si accende un solo LED o nessuno nella riga centrale dopo la rotazione).

Viene premuto nuovamente il tasto 0. Questa volta i LED 5 e 6 rimangono accesi ed il punteggio va a 9.

Viene premuto ancora il tasto 0; alla fine della rotazione rimane acceso il LED 4 e si accende nuovamente il LED 8.

Viene premuto il tasto 0. Si accende il LED 6, il risultato va ora a 7 e così via.

L'ALGORITMO

La sequenza fondamentale del programma di una slot machine è riportata nel diagramma di flusso della Fig. 7.3. In primo luogo viene visualizzato il punteggio, quindi si inizia il gioco con la pressione di un tasto da parte del giocatore ed i LED vengono fatti ruotare. Successivamente vengono valutati i risultati: il punteggio viene corrispondentemente aggiornato e viene segnalata una situazione vincente o perdente.

Indichiamo le posizioni dei LED di una colonna con 0, 1, 2 dall'alto in basso. I LED sono fatti ruotare sequenzialmente illuminando le posizioni 0, 1, 2 e poi ritornando alla posizione 0. I LED continuano a ruotare in questo modo e la loro velocità di rotazione diminuisce fino ad arrestarsi. Questo effetto viene ottenuto incrementando il ritardo tra ciascuna attivazione successiva di un LED di una certa colonna. Un registro contatore viene associato ad ogni "ruota" o colonna di tre LED. I contenuti iniziali dei tre contatori delle ruote 1, 2 e 3 si ottengono da un generatore di numeri casuali. Per influenzare la casualità, il numero casuale deve essere scelto all'interno di un gruppo programmabile chiamato (LOLIM, HILIM). Il valore di questo contatore viene trasferito ad una locazione di memoria temporanea. Questa locazione viene regolar-

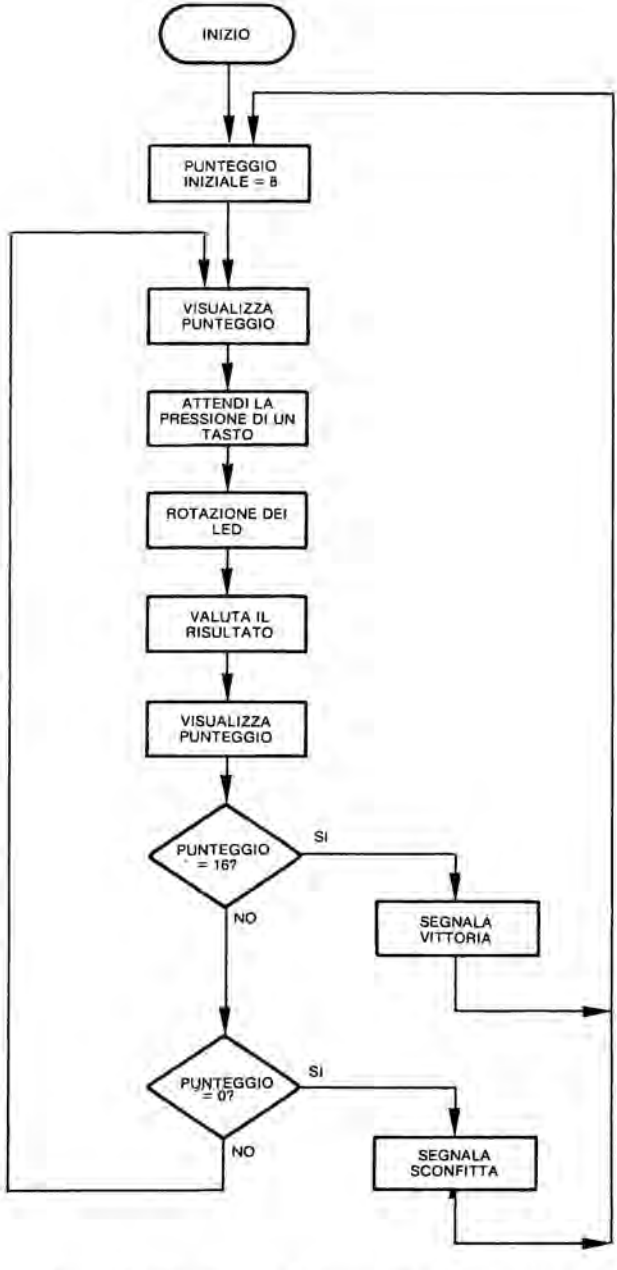


Figura 7.3: Diagramma di flusso della slot machine

mente decrementata fino a raggiungere il valore "0" Quando è stato raggiunto il valore "0", viene illuminato il successivo LED sulla "ruota". Inoltre i contenuti originari del contatore vengono incrementati di uno, con conseguente aumento del ritardo prima dell'accensione del LED successivo. Ogni volta che si ha l'overflow del contatore a 0, il processo della ruota relativa si arresta. Quindi, impiegando un aggiornamento sincrono delle locazioni di memoria temporanee, si ottiene un effetto di movimento asincrono sul "blip" (segnale di ritorno) sui LED. Quando tutti i LED si sono arrestati, è possibile valutare la situazione risultante.

La Fig. 7.4 riporta il diagramma di flusso corrispondente a questa routine DISPLAY. Ai passi 1, 2 e 3 i puntatori dei LED sono inizializzati alla riga in alto dei LED stessi (posizione 0). I tre contatori impiegati per fornire l'intervallo di temporizzazione di ciascuna ruota sono caricati con numeri provenienti dal generatore di numeri casuali. Il numero casuale viene selezionato tra i limiti imposti. Infine i tre contatori sono copiati nelle locazioni temporanee riservate per decrementare le costanti di ritardo.

Esaminiamo i passi successivi presentati in Fig. 7.4:

4. Il puntatore della ruota X viene impostato nella colonna di estrema destra: X = 3.
5. Il puntatore corrispondente della colonna corrente (colonna 3 in questo caso) viene controllato per vedere se è 0, cioè se la ruota si è fermata. Inizialmente questo valore non è 0.
6,7, La costante di ritardo della colonna di LED determinata dal puntatore della ruota viene decrementata, quindi si esegue il test rispetto al valore 0. Se il ritardo non è 0, si passa a sinistra di una posizione di colonna:
   16. Il puntatore di colonna X viene decrementato: X = X − 1
   17. Si verifica se X è 0. In caso affermativo, si verifica una ramificazione al passo 5. Ogni volta che X raggiunge il valore 0, la stessa situazione può essersi verificata in tutte e tre le colonne. Quindi, si controllano tutti i contatori di ruota per vedere se sono 0.
   18. Se tutti i contatori sono 0, la rotazione è terminata e si esce. Se tutti i contatori non sono zero, viene implementato un ritardo e si ha una ramificazione indietro al passo 4.

Ritorniamo al passo 7:

7. Se la costante di ritardo ha raggiunto il valore 0, deve essere acceso il LED successivo in basso nella colonna.
8. Il puntatore del LED della ruota il cui numero si trova nel puntatore di ruota, viene incrementato.
9. Il puntatore di LED viene confrontato con il valore 4. Se non si è raggiunto il valore 4 si procede; altrimenti si ha il reset al

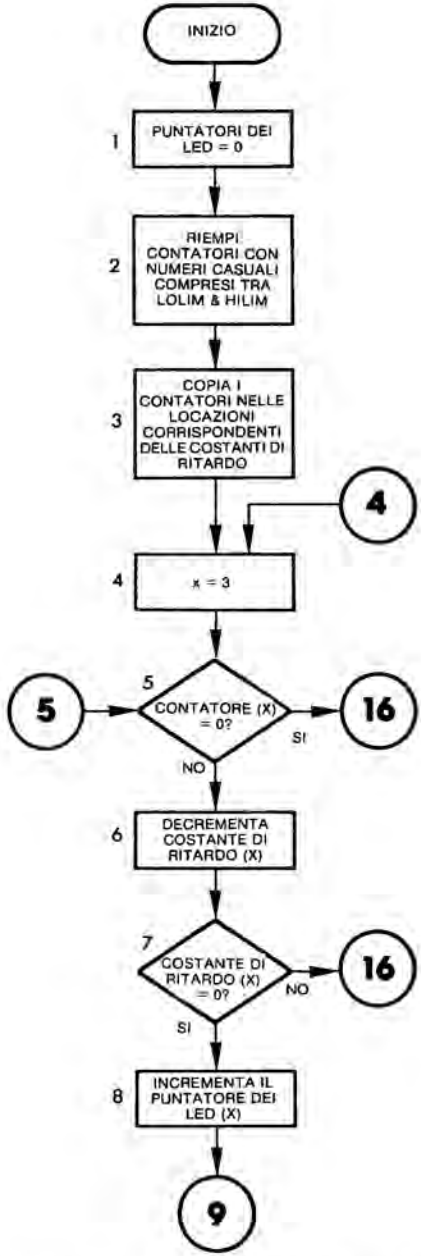


Figura 7.4: Diagramma di flusso DISPLAY

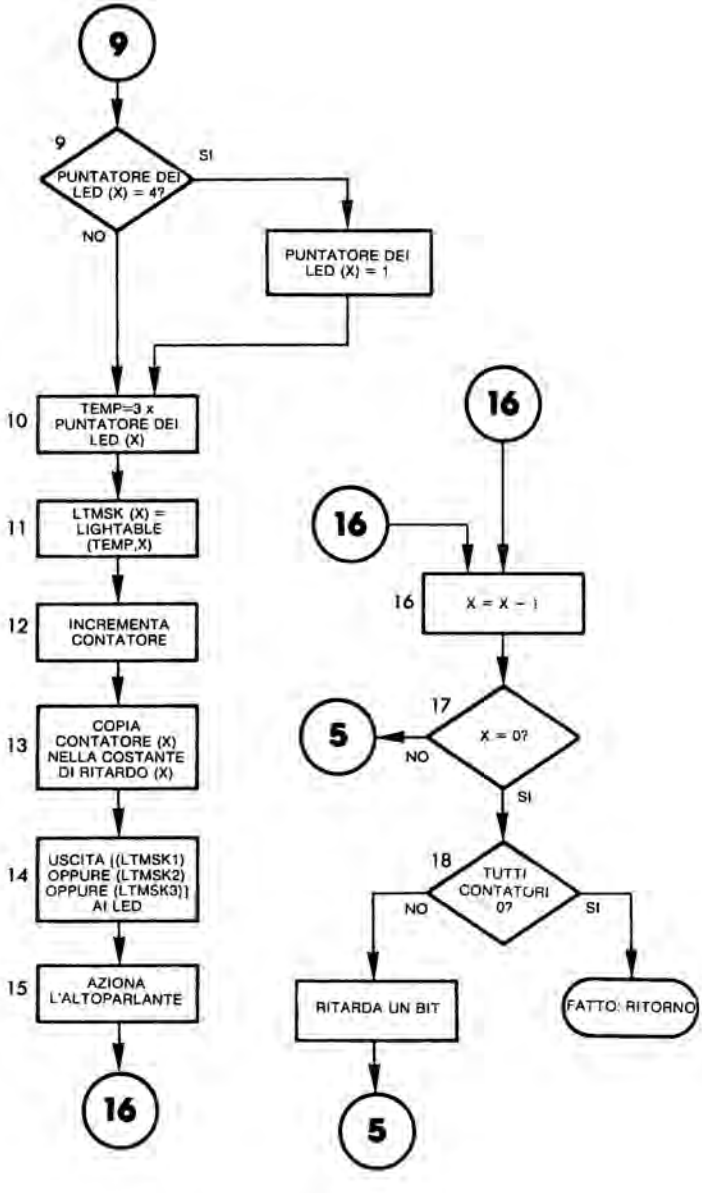


Figura 7.4: Diagramma di flusso DISPLAY (continua)

valore 1. (I LED sono contrassegnati esternamente dalle posizioni 1, 2 e 3 dall'alto al basso. Il LED successivo da accendere dopo il LED # 3 è il LED # 1).

10,11. I LED devono essere illuminati ed una tabella LIGHTABLE viene impiegata per ottenere la struttura corretta.

12. Viene incrementato il contatore della ruota corretta. Notate che non viene confrontato con il valore zero. Questo verrà fatto soltanto quando il programma ritorna a sinistra della ruota 1. Questo viene eseguito alla locazione 18 del diagramma di flusso, dove si confrontano i contenuti con il valore 0.

13. Il nuovo valore del contatore viene copiato nella locazione della costante di ritardo, generando un aumento del ritardo prima dell'attuazione del LED successivo.

14. Le strutture di illuminazione correnti di ciascuna colonna vengono combinate e visualizzate.

15. All'accensione in sequenza di ciascun LED si ha l'attivazione dell'altoparlante.

16. Come al solito, si passa alla colonna sinistra e si procede come prima.

Ritorniamo indietro per verificare il passo 5 del diagramma di flusso:

5. Notate che ogni qualvolta il valore contatore di una colonna è zero, il LED di quella colonna ha arrestato il movimento. Non è richiesta un'ulteriore accensione. Nel diagramma di flusso si tiene conto di ciò con la freccia a destra nel blocco di decisione a 5: la ramificazione si verifica a 16 ed il puntatore di colonna viene decrementato, e conseguentemente non viene introdotta alcuna variazione per le colonne i cui contatori erano 0.

Successivamente, l'algoritmo di valutazione deve valutare il risultato una volta che tutti i LED si sono fermati e quindi segnalare i risultati al giocatore. Consideriamo questo processo.

Il processo di valutazione

La Fig. 7.5 riporta il diagramma di flusso dell'algoritmo EVAL. Il processo di valutazione viene inoltre illustrato in Fig. 7.6, che mostra i nove LED e le corrispondenti entità associate. Con riferimento alla Fig. 7.6, X è un puntatore di riga ed Y di colonna, o puntatore di ruota. Ad ogni riga viene associato il valore del contatore. Esso contiene il numero totale di LED illuminati in quella riga. Il valore del contatore sarà convertito in un punteggio in accordo con le regole specifiche di ciascuna riga. In questo modo abbiamo impiegato soltanto due righe ed abbiamo definito una situazione vincente come quella in cui due o tre LED sono accesi in quella riga. Comunque molte altre combinazioni sono possibili

e consentite da questo meccanismo. In seguito verranno suggeriti degli esercizi per altre configurazioni vincenti.

Il totale di tutti i punteggi di ciascuna riga sono sommati in un totale chiamato SCORE (punteggio), riportato in basso a destra in Fig. 7.6.

Facciamo ora riferimento al diagramma di flusso di Fig. 7.5. Il puntatore di colonna o di ruota Y viene settato inizialmente alla colonnna di estrema destra : Y = 3.

2. I contatori temporanei sono inizializzati al valore zero.
3. All'interno della colonna corrente (3), dobbiamo osservare soltanto la riga avente un LED acceso. Questa riga viene puntata da LEDPOINTER. Il valore della riga corrispondente viene memorizzato in: X = LEDPOINTER (Y).
4. Poichè nella riga puntata da X c'è un LED acceso, il valore del contatore di quella riga viene incrementato di uno.

Assumendo la situazione di LED mostrata nella Fig. 7.7, il valore del secondo contatore è stato posto ad 1.

5. Viene esaminata la colonna successiva: Y = Y − 1.

Se Y non è 0, si ritorna indietro a (3); altrimenti il processo di valutazione può procedere alla fase successiva.

Esercizio 7-1: *Impiegando il diagramma di flusso della Fig. 7.5 e l'esempio della Fig. 7.7, mostrate i valori risultanti contenuti nei contatori all'uscita del test, (6) nel diagramma di flusso della Fig. 7.5.*

Il numero effettivo di LED accesi per ogni riga deve ora essere convertito in un punteggio. Per questo scopo viene impiegata la SCORETABL. Qualora si cambino le regole di punteggio contenute in questa tabella, si modifica completamente il modo in cui viene eseguito il gioco.

La tabella del punteggio contiene quattro numeri lunghi un byte per ogni riga. Ogni numero corrisponde al punteggio guadagnato dal giocatore quando in quella riga sono accesi 0, 1, 2 oppure 3 LED. L'organizzazione logica della tabella del punteggio è riportata in Fig. 7.8. Gli ingressi della tabella corrispondono ai valori di punteggio che sono stati selezionati per il programma presentato all'inizio di questo capitolo. Qualsiasi combinazione di LED nella riga 1 o 3 aggiunge un punteggio 0. Qualsiasi combinazione di 2 LED nella riga 2 ha un punteggio 1 e tre LED ha un punteggio 3. Praticamente questo significa che il valore di punteggio della riga 1 viene ottenuto semplicemente usando una tecnica di accesso indicizzato con il numero di LED accesi come indice. Per la riga 2, occorre sommare uno spostamento pari a quattro per l'accesso alla tabella. Nella riga 3, occorre uno spostamento addizionale pari a quattro. Matematicamente si ha:

$$\text{SCORE} = \text{SCORETABL}\ [(X - 1) \times 4 + 1 + Y]$$

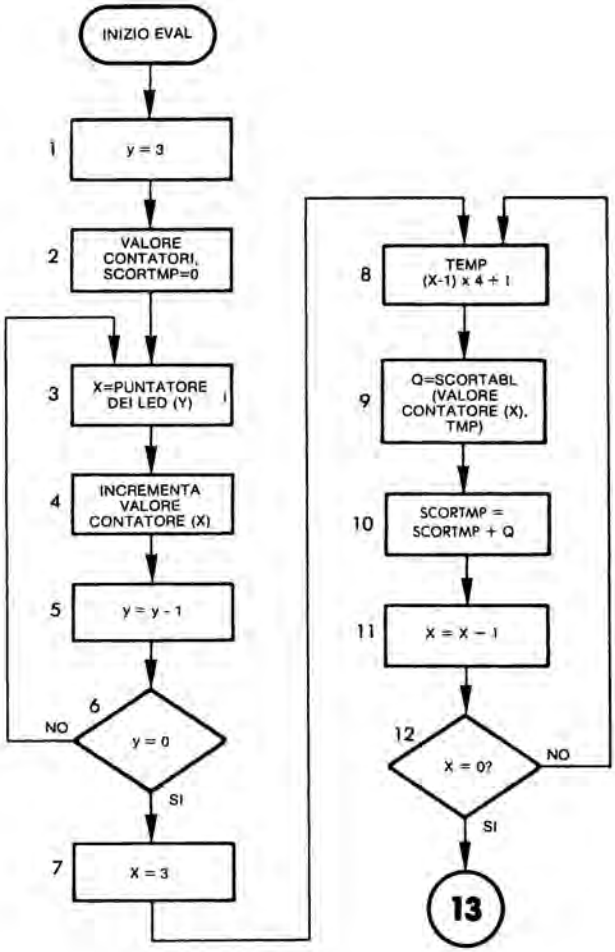


Figura 7.5: Diagramma di flusso EVAL

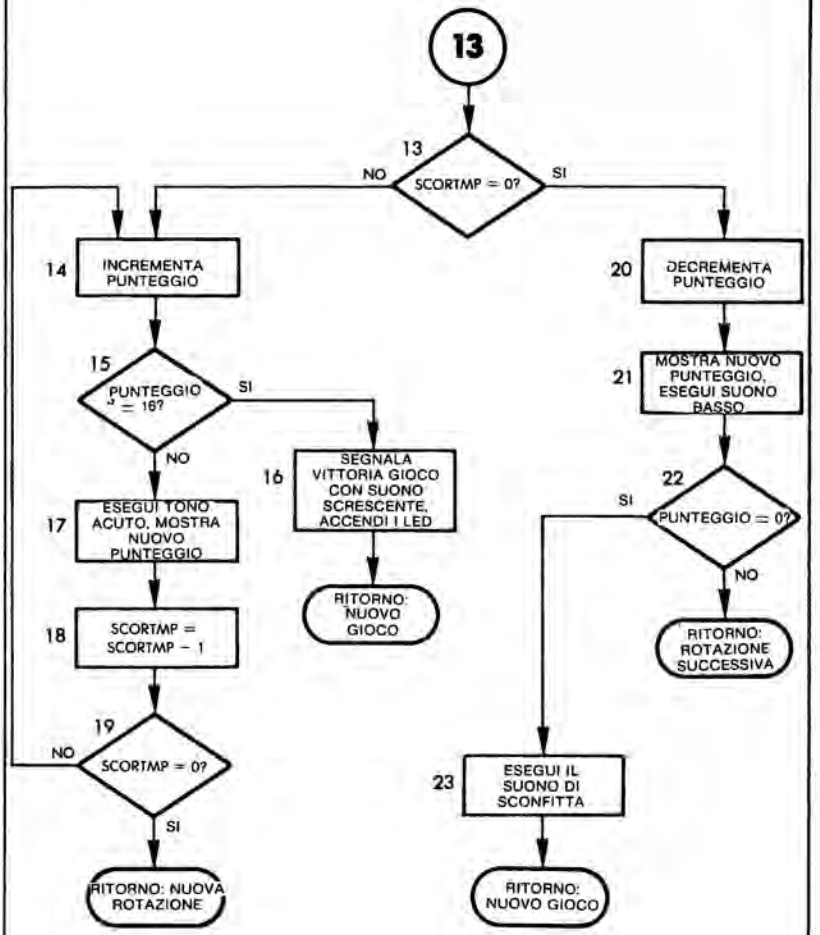


Figura 7.5: Diagramma di flusso EVAL (continua)

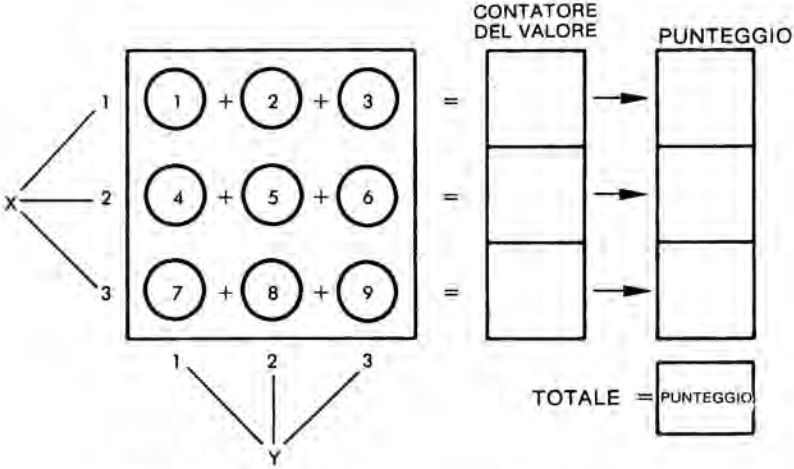


Figura 7.6: Processo di valutazione sulla scheda

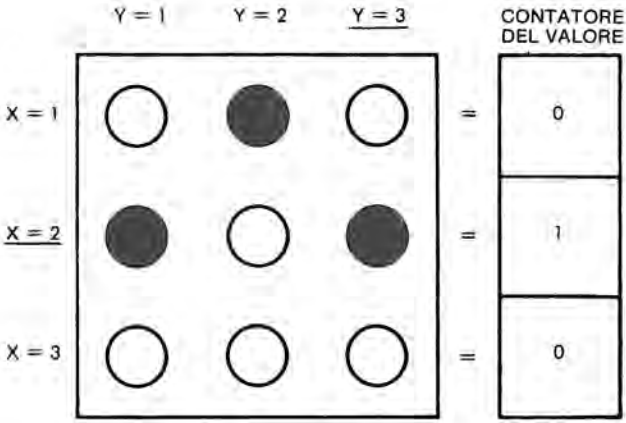


Figura 7.7: Un esempio di valutazione

dove X è il numero di riga ed Y è il numero di LED accesi di quella riga. Poichè questa tecnica consente di generare un punteggio per ciascuna delle tre righe, il programma deve eseguire il test del valore del contatore in ogni riga in modo da ottenere il punteggio totale.

Questo viene eseguito dai passi 7 ed 8: il puntatore di riga viene inizializzato a 3 e viene impostato il puntatore dello spostamento per la

0	1	2	3	NUMERO DI LED ACCESI
0	0	0	0	RIGA 1
0	0	1	3	RIGA 2
0	0	0	0	RIGA 3

Figura 7.8: La tabella del punteggio

tabella del punteggio:

$$TEMP = (X - 1) \times 4 + 1$$

9. Successivamente, si ottiene dalla tabella il valore del punteggio:

$$Q = SCORTABL\ (\text{valore del contatore } (X), TEMP)$$

Il valore di quel punteggio di riga viene ottenuto accedendo alla tabella del punteggio indicizzata dal numero di LED accesi, contenuti nel valore del contatore di quella riga, più uno spostamento uguale TEMP. Il punteggio intermedio viene ottenuto sommando questo punteggio parziale al valore precedente:

10. SCORTMP = SCORTMP + Q

11. Infine, il numero di riga viene decrementato ed il processo viene ripetuto finchè X raggiunge il valore 0.

12. Ogni volta che X raggiunge il valore 0, il punteggio di questa rotazione è stato calcolato e memorizzato nella locazione SCORTMP.

13. A questo punto, il punteggio precedentemente calcolato (SCORTMP) viene esaminato dal programma ed esistono due possibilità: se SCORTMP è 0, si ha una ramificazione a 20, dove viene decrementato il punteggio del gioco. Se SCORTMP non è 0, il punteggio del gioco verrà incrementato dal punteggio di questa rotazione - SCORTMP. Consideriamo quest'ultimo caso.

14. Il punteggio totale del gioco viene incrementato di uno.

15. Il punteggio viene quindi confrontato con il valore massimo pari a 16.

16. Se al passo 15 si è raggiunto il punteggio massimo (16), viene generato uno speciale segnale visivo e sonoro per premiare il giocatore. Quindi occorre iniziare un nuovo gioco.
17. Se al passo 15 non è stato raggiunto il punteggio 16, viene mostrato al giocatore il punteggio aggiornato del gioco, seguito da un suono acuto.
18. Si decrementa la quantità di cui deve essere aumentato il punteggio del gioco, SCORTMP.
19. Se SCORTMP non è zero, occorre sommare più punti al punteggio del gioco e si ha una ramificazione a 14. Altrimenti si può passare alla rotazione successiva.

Seguiamo ora l'altra alternativa dalla posizione tredici sul diagramma di flusso, dove è stato eseguito il test del punteggio totale:

20. Il punteggio di questa rotazione è zero, quindi il punteggio del gioco viene decrementato.
21. Il punteggio del gioco viene visualizzato al giocatore assieme ad un suono grave.
22. Si esegue il test del nuovo punteggio rispetto al valore minimo 0. Se è stato raggiunto questo valore minimo, il giocatore ha perso. Altrimenti il giocatore può continuare a giocare.
23. Per indicare la perdita e la fine del gioco viene generato un suono del tipo a sirena discendente.

IL PROGRAMMA

Strutture dei dati

Questo programma impiega due tabelle: 1) la tabella del punteggio viene impiegata per calcolare un punteggio del numero di LED accesi in ogni riga - questa è già stata descritta; 2) la tabella LTABLE viene impiegata per generare il codice appropriato sulla porta di I/O per accendere il LED specificato. Ciascun ingresso all'interno di questa tabella contiene una configurazione per l'esecuzione dell'OR nel registro di I/O per accendere il LED specificato.

Verticalmente, in memoria, gli ingressi della tabella corrispondono alla prima, alla seconda ed alla terza colonna di LED. Osservando il programma alle linee 39, 40 e 41, le righe di digit corrispondono rispettivamente alle colonne dei LED. Per esempio, il terzo ingresso della tabella, cioè 64 decimale, oppure 40 esadecimale (all'indirizzo 001C) corrisponde al terzo LED della prima colonna sulla Scheda Giochi, ovvero al LED 7.

```
LINE # LOC    CODE    LINE

0002  0000            ; PROGRAMMA SIMULATORE DELLA SLOT MACHINE.
0003  0000            ; PREMERE UN TASTO QUALSIASI PER INIZIARE LA
                      ; ROTAZIONE.
0004  0000            ; IL PUNTEGGIO VIENE DETERMINATO DALLA MATRICE DI
                      ; "SCORTB"
0005  0000            ; PUNTEGGIO INIZIALE 8 PUNTI, UN PUNTO DI PENALITA'
0006  0000            ; AD OGNI ROTAZIONE CON RISULTATO NEGATIVO.
0007  0000            ;
0008  0000                    * = $0
0009  0000            TEMP    *=*+1          ; MEMORIZZAZIONE
                                             ; TEMPORANEA.
0010  0001            SCORTP *=*+1           ; MEMORIZZAZIONE DEL
                                             ;PUNTEGGIO TEMPORANEO.
0011  0002            SCORE   *=*+1          ; PUNTEGGIO.
0012  0003            DUR     *=*+1          ; DURATA DEI TONI.
0013  0004            FREQ    *=*+1          ; FREQUENZA DEI TONI.
0014  0005            SPEEDS  *=*+3          ; VELOCITA' DI ROTAZIONE DEI
                                             ; LED
0015  0008                    ; NELLE COLONNE
0016  0008            INDX    *=*+3          ; CONTATORI DI RITARDO PER
                                             ; LE ROTAZIONI DEI LED.
0017  000B            INCR    *=*+3          ; PUNTATORI ALLE POSIZIONI
                                             ; DEI LED
0018  000E                    ; IMPIEGATI PER PRELEVARE LE STRUTTURE
                              ; DALLE TABELLE.
0019  000E            LTMSK   *=*+3          ; STRUTTURE PER
                                             ; ACCENDERE I LED
0020  0011            VALUES  *=*+3          ; NUMERO DI LED ACCESI PER
                                             ; OGNI RIGA.
0021  0014            RND     *=*+6          ; SCRATCHPAD PER IL GEN. DI
                                             ; NUM. CASUALI.
0022  001A            ;
0023  001A            ; I/O
0024  001A            ;
0025  001A            PORT1A = $A001         ; REGISTRO DI I/O DELLA
                                             ; PORTA A DEL VIA # 1 (LED).
0026  001A            DDR1A  = $A003         ; REGISTRO DI DIREZIONE
                                             ; DATI DELLA PORTA A VIA # 1.
0027  001A            PORT1B = $A000         ; REGISTRO DI I/O DELLA
                                             ; PORTA B VIA # 1.
0028  001A            DDR1B  = $A002         ; REGISTRO DI DIREZIONE
                                             ; DATI DELLA PORTA B VIA # 1.
0029  001A            PORT3B = $AC00         ; REGISTRO DI I/O DELLA
                                             ; PORTA B VIA # 3 (ALTOP)
0030  001A            DDR3B  = $AC02         ; REGISTRO DI DIREZIONE
                                             ; DATI DELLA PORTA B VIA # 3.
0031  001A            T1CL   = $A004
0032  001A            ;
0033  001A            ; MATRICI
0034  001A            ;
0035  001A            ; MATRICE DELLE STRUTTURE DI ACCENSIONE DEI LED.
0036  001A            ; RIGHE DELLE MATRICI CORRISPONDENTI ALLE
                      ; COLONNE DI LED. MATRICE, DALLE COLONNE ALLE
0037  001A            ; RIGHE, PER ESEMPIO, IL
0038  001A            ; TERZO BYTE DELLA RIGA UNO ACCENDERA' IL LED 7.
0039  001A  01        LTABLE .BYTE 1,8,64
0039  001B  08
0039  001C  40
0040  001D  02                .BYTE 2,16,128
0040  001E  10
0040  001F  80
```

Figura 7.9: Programma della slot machine

```
0041  0020  04                    .BYTE 4,32,0
0041  0021  20
0041  0022  00
0042  0023                ; MATRICE DEI PUNTEGGI RICEVUTI PER DETERMINATE
0043  0023                ; STRUTTURE DI LED ACCESI.
0044  0023                ; LE RIGHE CORRISPONDONO A QUELLE DELLA MATRICE
                          ; DI LED.
0045  0023                ; LE COLONNE CORRISPONDONO AL NUMERO DI LED
0046  0023                ; ACCESI IN QUELLA RIGA.
0047  0023                ; CIOÈ 3 LED NELLA RIGA CENTRALE CORRISPONDONO A
                          ; TRE PUNTI.
0048  0023  00            SCORTB .BYTE 0,0,0,0
0048  0024  00
0048  0025  00
0048  0026  00
0049  0027  00                    .BYTE 0,0,1,3
0049  0028  00
0049  0029  01
0049  002A  03
0050  002B  00                    .BYTE 0,0,0,0
0050  002C  00
0050  002D  00
0050  002E  00
0051  002F                ;
0052  002F                ; ***** PROGRAMMA PRINCIPALE *****
0053  002F                ;
0054  002                 FGETKEY = $100
0055  002F                        * = $200
0056  0200  A9 FF                 LDA #$FF          ; SET UP PORTS.
0057  0202  8D 03 A0          STA  DDR1A
0058  0205  8D 02 A0          STA  DDR1B
0059  0208  8D 02 AC          STA  DDR3B
0060  020B  AD 04 A0          LDA  T1CL         ; ACCETTA SEME PER GEN. NUM.
                                                ; CASUALI.
0061  020E  85 15             STA  RND+1
0062  0210  A9 08     START   LDA  #8           ; IL PUNTEGGIO INIZIALE È OTTO.
0063  0212  85 02             STA  SCORE
0064  0214  A8                TAY               ; VISUALIZZA IL PUNTEGGIO
                                                ; INIZIALE.
0065  0215  20 3D 03          JSR  LIGHT
0066  0218  20 00 01 KEY      JSR  GETKEY       ; QUALSIASI TASTO PREMUTO
                                                ; INIZIA IL PROGRAMMA
0067  021B  20 27 02          JSR  DISPLY       ; ROTAZIONE DELLE RUOTE
0068  021E  20 A7 02          JSR  EVAL         ; CONTROLLO E VISUALIZZAZIONE
                                                ; PUNTEGGIO
0069  0221  A5 02             LDA  SCORE
0070  0223  D0 F3             BNE  KEY          ; SE PUNTEGGIO ≠ 0, PASSA AL
                                                ; GIOCO SUCCESSIVO.
0071  0225  F0 E9             BEQ  START        ; SE PUNTEGGIO = 0, RESTART.
0072  0227                ;
0073  0227                ; SUBROUTINE PER LA VISUALIZZAZIONE DEL LED IN MODO
                          ; ROTANTE.
0074  0227                ; TROVA LA COMBINAZIONE DA IMPIEGARE PER
                          ; DETERMINARE IL PUNTEGGIO
0075  0227                ;
0076  0227                LOLIM   = 90
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

```
0077  0227                HILIM   = 135
0078  0227                SPDPRM = 80
0079  0227  A9 00         DISPL   LDA  # 0          ; RESET DEI PUNTATORI.
0080  0229  85 0B                 STA  INCR
0081  022B  85 0C                 STA  INCR + 1
0082  022D  85 0D                 STA  INCR + 2
0083  022F  A0 02         LDRND   LDY  # 2          ; IMPOSTA L'INDICE PER TRE
                                                     ; ITERAZIONI.
0084  0231  20 80 03      GETRND  JSR  RANDOM       ; ACCETTA IL # CASUALE.
0085  0234  C9 87                 CMP  # HILIM       ; TROPPO GRANDE?
0086  0236  B0 F9                 BCS  GETRND        ; SE SI, ACCETTANE UN ALTRO.
0087  0238  C9 5A                 CMP  # LOLIM       ; TROPPO PICCOLO?
0088  023A  90 F5                 BCC  GETRND        ; SE SI, ACCETTANE UN ALTRO.
0089  023C  99 08 00              STA  INDX, Y       ; SALVALO NEGLI INDICI DEL
                                                     ; CICLO E
0090  023F  99 05 00              STA  SPEEDS, Y     ; NEI CONTATORI DI VELOCITA'
                                                     ; DEL CICLO.
0091  0242  88                    DEY
0092  0243  10 EC                 BPL  GETRND        ; ACCETTA IL SUCCESSIVO #
                                                     ; CASUALE.
0093  0245  A2 02         UPDATE  LDX  # 2           ; IMPOSTA L'INDICE PER TRE
                                                     ; ITERAZIONI.
0094  0247  B4 05         UPDTLP  LDY  SPEEDS, X     ; VELOCITA' (X) È = 0?
0095  0249  F0 44                 BEQ  NXTUPD        ; SE SI, ESEGUI L'AGGIORNAMENTO
                                                     ; SUCCESSIVO.
0096  024B  D6 08                 DEC  INDX, X       ; DECREMENTA L'INDICE DEL
                                                     ; CICLO (X)
0097  024D  D0 40                 BNE  NXTUPD        ; SE INDICE DEL CICLO (X) <> 0,
0098  024F                              ; ESEGUI  L'AGGIORNAMENTO  SUCCESSIVO.
0099  024F  B4 0B                 LDY  INCR, X       ; INCREMENTA PUNTATORE (X).
0100  0251  C8                    INY
0101  0252  C0 03                 CPY  # 3           ; PUNTATORE = 3?
0102  0254  D0 02                 BNE  NORST         ; SE NO SALTA....
0103  0256  A0 00                 LDY  # 0           ; ...RESET A 0 DEL PUNTATORE.
0104  0258  94 0B         NORST   STY  INCR, X       ; RIPRISTINA PUNTATORE (X).
0105  025A  86 00                 STX  TEMP          ; MOLTIPLICA X PER 3 PER ACCESSO
                                                     ; ALLA MATRICE.
0106  025C  8A                    TXA
0107  025D  0A                    ASL  A
0108  025E  18                    CLC
0109  025F  65 00                 ACD  TEMP
0110  0261  75 0B                 ADC  INCR, X       ; SOMMA # DI COLONNA A PTR (X)
                                                     ; PER # RIGA.
0111  0263  A8                    TAY                ; TRASFERISCI AD Y PER
                                                     ; INDICIZZAZIONE.
0112  0264  B9 1A 00              LDA  LTABLE, Y     ; ACCETTA LA STRUTTURA DI LED.
0113  0267  95 0E                 STA  LTMSK, X      ; MEMORIZZA NELLA MASCHERA DI
                                                     ; ACCENSIONE (X).
0114  0269  B4 05         SPDUPD  LDY  SPEEDS, X     ; INCREMENTA VELOCITA' (X).
0115  026B  C8                    INY
0116  026C  94 05                 STY  SPEEDS, X     ; RIMEMORIZZA.
0117  026E  94 08                 STY  INDX, X       ; RESET INDICE DEL CICLO (X).
0118  0270  A9 00         LEDUPD  LDA  # 0           ; AGGIORNA LE ACCENSIONI.
0119  0272  8D 00 A0              STA  PORT1B        ; RESET LED #9
0120  0275  A5 10                 LDA  LTMSK + 2     ; COMBINA LE STRUTTURE PER
                                                     ; L'USCITA.
0121  0277  D0 07                 BNE  OFFLD9        ; SE MASCERA #3 <>0,
                                                     ; LED 9 SPENTO.
0122  0279  A9 01                 LDA  # 01          ; ACCENDI IL LED 9.
0123  027B  8D 00 A0              STA  PORT1B
0124  027E  A9 00                 LDA  #0            ; RESET DI A COSICCHÈ LA
                                                     ; STRUTTURA NON
                                                     ; SIA NEGATIVA.
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

```
0125  0280  05 0E      OFFLD9 ORA LTMSK        ; COMBINA IL RESTO DELLE
                                               ; STRUTTURE.
0126  0282  05 0F             ORA LTMSK + 1
0127  0284  8D 01 A0          STA PORT1A       ; ACCENDI I LED.
0128  0287  AD 00 AC          LDA PORT3B       ; COMMUTA L'ALTOPARLANTE.
0129  028A  49 FF             EOR # $ FF
0130  028C  8D 00 AC          STA PORT3B
0131  028F  CA        NXTUPD DEX               ; DECREMENTA X PER
                                               ; L'AGGIORNAMENTO SUCCESSIVO.
0132  0290  10 B5             BPL UPDTLP       SE X : = 0, ESEGUI
                                               ; AGGIORNAMENTO SUCCESSIVO.
0133  0292  A0 50             LDY # SPDPRM     ; RITARDO DI UN BIT PER
                                               ; RALLENTARE
0134  0294  88        WAIT    DEY              ; IL LAMPEGGIO DEI LED.
0135  0295  D0 FD             BNE WAIT
0136  0297  A5 05             LDA SPEEDS       ; CONTROLLA SE TUTTE LE
                                               ; COLONNE DEI LED
0137  0299                         ; SONO FERME.
0138  0299  05 06             ORA SPEEDS+1
0139  029B  05 07             ORA SPEEDS+2
0140  029D  D0 A6             BNE UPDATE       ; SE NO, ESEGUI LA SEQUENZA
                                               ; SUCCESSIVA
0141  029F                         ; OF UPDATES.
0142  029F  A9 FF             LDA # $ FF
0143  02A1  85 03             STA DUR          ; RITARDO PER MOSTRARE LA
                                               ; STRUTTURA ALL'UTENTE.
0144  02A3  20 30 03          JSR DELAY
0145  02A6  60                RTS              ; TUTTI I LED FERMI, FATTO.
0146  02A7            ;
0147  02A7            ; SUBROUTINE PER VALUTARE IL PRODOTTO DELLA
                      ; ROTAZIONE E
0148  02A7            ; PER VISUALIZZARE MEDIANTE SUONI UNA VITTORIA,
0149  02A7            ; VITTORIA+FINE GIOCO E SCONFITTA+FINE GIOCO.
0150  02A7            ;
0151  02A7            HITONE =    $ 20
0152  02A7            LOTONE =    $ F0
0153  02A7  A9 00     EVAL    LDA # 0          ; RESET DELLE VARIABILI.
0154  02A9  85 11             STA VALUES
0155  02AB  85 12             STA VALUES+1
0156  02AD  85 13             STA VALUES+2
0157  02AF  85 01             STA SCORTP
0158  02B1  A0 02             LDY # 2          ; IMPOSTA L'INDICE Y PER 3
                                               ; ITERAZIONI
0159  02B3                                     ; PER IL CONTEGGIO DEL # DI LED
                                               ; IN OGNI RIGA.
0160  02B3  B6 0B     CNTLP   LDX INCR,Y       ; CONTROLLA PUNTATORE (Y),
                                               ; SOMMANDO
0161  02B5  F6 11             INC VALUES,X     ; IL # DI LED ACCESI IN OGNI RIGA.
0162  02B7  88                DEY
0163  02B8  10 F9             BPL CNTLP        ; RICICLA SE NON FATTO.
0164  02BA  A2 02             LDX # 2 IMPOSTA L'INDICE X PER TRE ITERAZIONI.
0165  02BC                                     ; DEL CICLO PER TROVARE IL
                                               ; PUNTEGGIO.
0166  02BC  8A        SCORLP TXA               ; MOLTIPLICA L'INDICE PER 4 PER
                                               ; L'ACCESSO
0167  02BD                                     ; ALLA RIGA DELLA MATRICE.
0168  02BD  0A                ASL A
0169  02BE  0A                ASL A
0170  02BF  18                CLC              ; SOMMA IL NUMERO DI LED
                                               ; ACCESI NELLA RIGA FINO ...
0171  02C0  75 11             ADC VALUES,X     ; ... AD ARRIVARE ALL'INDIRIZZO DI
                                               ; COLONNA NELLA MATRICE.
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

```
0172  02C2  A8                TAY              ; USALO COME INDICE
0173  02C3  B9 23 00          LDA SCORTB,Y     ; ACCETTA IL PUNTEGGIO DI
                                               ; QUESTA ROTAZIONE.
0174  02C6  18                CLC
0175  02C7  65 01             ADC SCORTP       ; SOMMA IL PUNTEGGIO
                                               ; PRECEDENTE
0176  02C9                        ; ACCUMULATO IN QUESTO CICLO.
0177  02C9  85 01             STA SCORTP       ; RIMEMORIZZA
0178  02CB  CA                DEX
0179  02CC  10 EE             BPL SCORLP       ; RICICLA SE NON FATTO
0180  02CE  A9 60             LDA #$60 IMPOSTA LA DURATA DEI TONI.
0181  02D0  85 03             STA DUR
0182  02D2  A5 01             LDA SCORTP       ; ACCETTA IL PUNTEGGIO DI
                                               ; QUESTA RITAZIONE.
0183  02D4  F0 34             BEQ LOSE         ; SE PUNTEGGIO È 0, PERDI UN
                                               ; PUNTO.
0184  02D6  E6 02     WIN     INC SCORE        ; AUMENTA IL PUNTEGGIO
                                               ; GLOBALE DI UNO.
0185  02D8  A4 02             LDY SCORE        ; ACCETTA PUNTEGGIO
0186  02DA  C0 10             CPY # 16         ; VINCI CON 16 PUNTI?
0187  02DC  F0 10             BEQ WINEND       ; SI: VITTORIA+FINE GIOCO.
0188  02DE  20 3D 03          JSR LIGHT        ; VISUALIZZA PUNTEGGIO.
0189  02E1  A9 20             LDA # HITONE     ; ESEGUI UN BEEP ACUTO.
0190  02E3  20 64 03          JSR TONE
0191  02E6  20 30 03          JSR DELAY        ; RITARDO BREVE
0192  02E9  C6 01             DEC SCORTP       ; DECREMENTA DI UNO IL
                                               ; PUNTEGGIO DA SOMMARE AL ...
0193  02EB                        ; PUNTEGGIO GLOBALE.
0194  02EB  D0 E9             BNE WIN          ; RICICLA SE TRASFERIMENTO
                                               ; DEL PUNTEGGIO NON COMPLETO.
0195  02ED  60                RTS              ; FATTO, RITORNA AL PROGRAMMA
                                               ; PRINCIPALE.
0196  02EE  A9 FF     WINEND  LDA # $ FF       ; ACCENDI TUTTI I LED PER
                                               ; SEGNALARE UNA VINCITA.
0197  02F0  8D 01 A0          STA PORT1A
0198  02F3  8D 00 A0          STA PORT1B
0199  02F6  85 00             STA TEMP         ; IMPOSTA IL PARAMETRO DI FREQ
                                               ; PER TONO CRESCENTE.
0200  02F8  A9 00             LDA # 0
0201  02FA  85 02             STA SCORE        ; AZZERA PER FLAG RESTART.
0202  02FC  A9 04             LDA # 4
0203  02FE  85 03             STA DUR          ; DURATA BREVE PER I SINGOLI
0204  0300                                     ; BEEP DEL TONO.
0205  0300  A5 00     RISE    LDA TEMP         ; ACCETTA LA FREQUENZA ...
0206  0302  20 64 03          JSR TONE         ; ... DEL BEEP.
0207  0305  C6 00             DEC TEMP         ; IL BEEP SUCCESSIVO SARA' PIU'
                                               ; ACUTO.
0208  0307  D0 F7             BNE RISE         ; ESEGUI IL BEEP SUCCESSIVO SE
                                               ; NON FATTO.
0209  0309  60                RTS              ; RITORNO PER IL RESTART.
0210  030A  C6 02     LOSE    DEC SCORE        ; SE ROTAZIONE NEGATIVA,
                                               ; PUNTEGGIO = PUNTEGGIO —1.
0211  030C  A4 02             LDY SCORE        ; VISUALIZZA PUNTEGGIO
0212  030E  20 3D 03          JSR LIGHT
0213  0311  A9 F0             LDA # LOTONE     ; ESEGUI IL SUONO BASSO DI
                                               ; PERDITA.
0214  0313  20 64 03          JSR TONE
0215  0316  A4 02             LDY SCORE        ; ACCETTA IL PUNTEGGIO PER
                                               ; VEDERE ...
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

```
0216  0318  F0 01              BEQ LOSEND    ; SE SI È FUORI GIOCO.
0217  031A  60                 RTS           ; SE NO, RITORNO PER LA
                                             ; ROTAZIONE SUCCESSIVA.
0218  031B  A9 00     LOSEND LDA # 0         ; IMPOSTA TEMP COME
0219  031D  85 00              STA TEMP      ; PARAMETRO DI FREQ
0220  031F  8D 01 A0           STA PORT1A    ; AZZERA LED # 1.
0221  0322  A9 04              LDA # 4
0222  0324  85 03              STA DUR
0223  0326  A5 00     FALL     LDA TEMP
0224  0328  20 64 03           JSR TONE      ; ESEGUI IL BEEP.
0225  032B  E6 00              INC TEMP      ; IL SUONO SUCCESSIVO SARA'
                                             ; PIU' BASSO.
0226  032D  D0 F7              BNE FALL
0227  032F  60                 RTS           ; RITORNO PER RESTART
0228  0330            ;
0229  0330            ; SUBROUTINE DI RITARDO DI LUNGHEZZA VARIABILE.
0230  0330            ; LUNGHEZZA RITARDO = (2046*[CONTENUTI DI DUR] + 10)
                      ; PROSEC.
0231  0330            ;
0232  0330  A4 03     DELAY LDY DUR          ; ACCETTA LUNGHEZZA DEL
                                             ; RITARDO.
0233  0332  A2 FF     DL1   LDX # $ FF       ; IMPOSTA CNTR PER UN CICLO
                                             ; INTERNO DI 2040 MICROSEC.
0234  0334  D0 00     DL2   BNE * + 2        ; CONSUMA TEMPO.
0235  0336  CA              DEX              ; DECREMENTA CONTATORE DEL
                                             ; CICLO INTERNO.

0236  0337  D0 FB           BNE DL2          ; ESEGUI TUTTO IL CICLO INTERNO
                                             ; DECREMENTA CONTATORE DEL
0237  0339  88              DEY              ; CICLO ESTERNO.
0238  033A  D0 F6           BNE DL1          ; RICICLA SE NON FATTO.
0239  033C  60              RTS              ; RITORNO.
0240  033D            ;
0241  033D            ; SUBROUTINE PER ACCENDERE IL LED CORRISPONDENTE
0242  033D            ; AI CONTENUTI DEL REGISTRO Y ALL'ATTO DELLA CHIAMATA.
0243  033D            ;
0244  033D  A9 00     LIGHT LDA # 0          ; AZZERA IL REG. A PER IL BIT DI
                                             ; SCORRIMENTO.
0245  033F  85 00           STA TEMP         ; AZZERA L'OVERFLOW FLAG.
0246  0341  8D 01 A0        STA PORT1A       ; AZZERA I LED BASSI.
0247  0344  8D 00 A0        STA PORT1B       ; AZZERA I LED ALTI.
0248  0347  C0 0F           CPY #15          ; CODICE PER UN BIT NON
                                             ; CONNESSO?
0249  0349  F0 01           BEQ *+ 3         ; SE SI, NESSUNA VARIAZIONE.
0250  034B  88              DEY              ; DECREMENTA PER IL
                                             ; CONFRONTO.
0251  034C  38              SEC              ; PONI BIT PER FARLO SCORRERE
                                             ; IN ALTO.
0252  034D  2A        LTSHFT ROL A           ; SCORRIMENTO DI BIT A SINISTRA.
0253  034E  90 05           BCC LTCC         ; SE CARRY È 1, SI È VERIFICATO
0254  0350                                   ; OVERFLOW NEL BYTE ALTO.
0255  0350  A2 FF           LDX # $ FF       ; PONI A 1 OVERFLOW FLAG.
0256  0352  86 00           STX TEMP
0257  0354  2A              ROL A            ; MUOVI IL BIT DAL CARRY.
0258  0355  88        LTCC  DEY              ; UN BIT IN MENO DA FAR
                                             ; SCORRERE.
0259  0356  10 F5           BPL LTSHFT       ; ALTRO SCORRIMENTO SE NON
                                             ; FATTO.
0260  0358  A6 00           LDX TEMP         ; ACCETTA L'OVERFLOW FLAG.
0261  035A  D0 04           BNE HIBYTE       ; SE FLAG <> 0, OVERFLOW: A
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

```
                                                  ; CONTIENE
0262  035C                                        ; IL BYTE DI ORDINE ELEVATO.
0263  035C  8D 01 A0 LOBYTE STA  PORT1A            ; MEMORIZZA A NEI LED DI BASSO
                                                  ; ORDINE.
0264  035F  60               RTS                  ; RITORNO.
0265  0360  8D 00 40 HIBYTE  STA  PORT1B           ; MEMORIZZA A NEI LED DI ORDINE
                                                  ; ELEVATO.
0266  0363  60               RTS                  ; RITORNO.
0267  0364            ;
0268  0364            ; SUBROUTINE PER LA GENERAZIONE DEL SUONO.
0269  0364            ;
0270  0364  85 04     TONE   STA  FREQ
0271  0366  A9 FF            LDA  # $ FF
0272  0368  8D 00 AC         STA  PORT3B
0273  036B  A9 00            LDA  # 00


0274  036D  A6 03            LDX  DUR
0275  036F  A4 04     FL2    LDY  FREQ
0276  0371  88        FL1    DEY
0277  0372  18               CLC
0278  0373  90 00            BCC  *+ 2
0279  0375  D0 FA            BNE  FL1
0280  0377  49 FF            EOR  # $ FF
0281  0379  8D 00 AC         STA  PORT3B
0282  037C  CA               DEX
0283  037D  D0 F0            BNE  FL2
0284  037F  60               RTS
0285  0380            ;
0286  0380            ; SUBROUTINE DEL GENERATORE DI NUMERI CASUALI.
0287  0380            ;
0288  0380  38        RANDOM SEC
0289  0381  A5 15            LDA  RND+1
0290  0383  65 18            ADC  RND+4
0291  0385  65 19            ADC  RND+5
0292  0387  85 14            STA  RND
0293  0389  A2 04            LDX  # 4
0294  038B  B5 14     RNDSH  LDA  RND,X
0295  038D  95 15            STA  RND+1,X
0296  038F  CA               DEX
0297  0390  10 F9            BPL  RNDSH
0298  0392  60               RTS
0299  0393                   .END
SYMBOL TABLE
SYMBOL VALUE
CNTLP   02B3   DDR1A   A003   DDR1B   A002   DDR3B   AC02
DELAY   0330   DISPLY  0227   DL1     0332   DL2     0334
DUR     0003   EVAL    02A7   FALL    0326   FL1     0371
FL2     036F   FREQ    0004   GETKEY  0100   GETRND  0231
HIBYTE  0360   HILIM   0087   HITONE  0020   INCR    000B
INDX    0008   KEY     0218   LDRND   022F   LEDUPD  0270
LIGHT   033D   LOBYTE  035C   LOLIM   005A   LOSE    030A
LOSEND  031B   LOTONE  00F0   LTABLE  001A   LTCC    0355
LTMSK   000E   LTSHFT  034D   NORST   0258   NXTUPD  028F
OFFLD9  0280   PORT1A  A001   PORT1B  A000   PORT3B  AC00
RANDOM  0380   RISE    0300   RND     0014   RNDSH   038B
SCORE   0002   SCORLP  02BC   SCORTB  0023   SCORTP  0001
SPDPRM  0050   SPDUPD  0269   SPEEDS  0005   START   0210
T1CL    A004   TEMP    0000   TONE    0364   UPDATE  0245
UPDTLP  0247   VALUES  0011   WAIT    0294   WIN     02D6
WINEND  02EE
END OF ASSEMBLY
```

Figura 7.9: Programma della slot machine (continua)

Variabili in pagina zero

In memoria sono immagazzinate le seguenti variabili:
— TEMP è una locazione dello scratch
— SCORTP viene impiegata per la memorizzazione temporanea del punteggio guadagnato o perso ad ogni rotazione
— SCORE è il punteggio del gioco
— DUR e FREQ specificano le solite costanti per la generazione del suono
— SPEEDS (3 locazioni) specifica la velocità di rotazione delle tre colonne
— INDX (3 locazioni): contatori di ritardo per le rotazioni dei LED
— INCR (3 locazioni): puntatori alle posizioni dei LED di ogni colonna, impiegati per l'esecuzione delle configurazioni d'uscita delle tabelle
— LTMSK (3 locazioni): configurazioni indicanti i LED accesi
— VALUES (3 locazioni): numerc di LED accesi in ogni colonnna
— RND (6 locazioni): scratch-pad per il generatore di numeri casuali.

Implementazione del programma

Il programma consiste di un programma principale e di due subroutine principlali: DISPLAY ed EVAL. Inoltre esso contiene alcune subroutine di utilità: DELAY per la generazione di un ritardo di lunghezza variabile, LIGHT per accendere il LED appropriato, TONE per generare un suono di un certo tono e RANDOM per generare un numero casuale.

Il programma principale è memorizzato alle locazioni di memoria 200 e successive. Come al solito, i tre registri di direzione dati per le Porte A e B del VIA #1 e della Porta B del VIA #3, devono essere condizionati come uscite:

```
LDA #$FF
STA DDR1A
STA DDR1B
STA DDR3B
```

Come nei capitoli precedenti, il registro contatore del timer 1 viene impiegato per fornire un numero casuale iniziale (un seme per il generatore di numeri casuali). Questo seme viene memorizzato alla locazione di memoria RND + 1, dove sarà utilizzato successivamente dalla subroutine di generazione di numeri casuali:

```
LDA T1CL
STA RND + 1
```

All'inizio di un nuovo gioco, il punteggio iniziale è posto ad 8. Questo viene imposto mediante:

```
START       LDA #8
            STA SCORE
```

e visualizzato:

```
            TAY             Y deve contenerlo
            JSR LIGHT
```

La subroutine LIGHT viene impiegata per visualizzare il punteggio accendendo il LED corrispondente ai contenuti del registro Y. Questo sarà descritto in seguito.

Il programma della slot machine è ora pronto per rispondere al giocatore. Qualsiasi tasto può essere premuto:

```
KEY         JSR GETKEY
```

Non appena un tasto è stato premuto, le ruote devono essere fatte girare:

```
            JSR DISPY
```

Una volta che le ruote si sono fermate, deve essere valutato e visualizzato il punteggio con il relativo accompagnamento sonoro:

```
            JSR EVAL
```

Se il punteggio finale non è "0", il processo viene ri-inizializzato:

```
            LDA SCORE
            BNE KEY
```

e l'utente può ancora far ruotare le ruote. Altrimenti, se il punteggio era "0", si inizia un nuovo gioco:

```
            BEQ START
```

Questo completa il corpo del programma principale. È abbastanza semplice perchè già strutturato sotto forma di subroutine.

Le subroutine

Gli algoritmi corrispondenti alle due subroutine principali DISPLAY ed EVAL sono stati descritti al paragrafo precedente. Consideriamo ora la relativa implementazione del programma.

Subroutine DISPLAY

I tre parametri fondamentali di questa subroutine sono: LOLIM, HILIM ed SPDRPRM. Per esempio, l'abbassamento di LOLIM condurrà ad un maggiore tempo di rotazione dei LED. Variando questi tre parametri è possibile ottenere diversi altri effetti. Si potrebbe ottenere una vincita quasi ogni volta! Ecco LOLIM = 90, HILIM = 134, SPDPRM = 80.

La locazione di memoria INCR viene impiegata come puntatore alla posizione di LED corrente. Essa verrà impiegata successivamente per prelevare l'appropriata configurazione di bit dalla tabella e può assumere i valori 0, 1 oppure 2 (puntando alle posizioni di LED 1, 2 oppure 3). I tre puntatori di ogni colonna dei LED sono immagazzinati rispettivamente alle locazioni di memoria INCR, INCR + 1 ed INCR + 2. Essi devono essere inizializzati a 0:

```
DISPLY      LDA # 0
            STA INCR
            STA INCR + 1
            STA INCR + 2
```

Notate che, negli esempi precedenti (come in Fig. 7.7), per semplificare l'esposizione, abbiamo impiegato i puntatori X ed Y per rappresentare i valori tra 1 e 3. Adesso, invece, X e Y assumono valori compresi tra 0 e 2 in modo da facilitare l'indicizzazione. Il puntatore della ruota viene settato alla ruota di estrema destra:

```
LDRND       LDY #2
```

Dalla subroutine RANDOM si ottiene un numero casuale iniziale:

```
GETRND      JSR RANDOM
```

Il numero restituito dalla subroutine viene confrontato con i limiti inferiore e superiore di accettabilità. Se esso non appartiene all'intervallo specifico, viene respinto e si ottiene un nuovo numero finchè non se ne trova uno che appartiene all'intervallo richiesto.

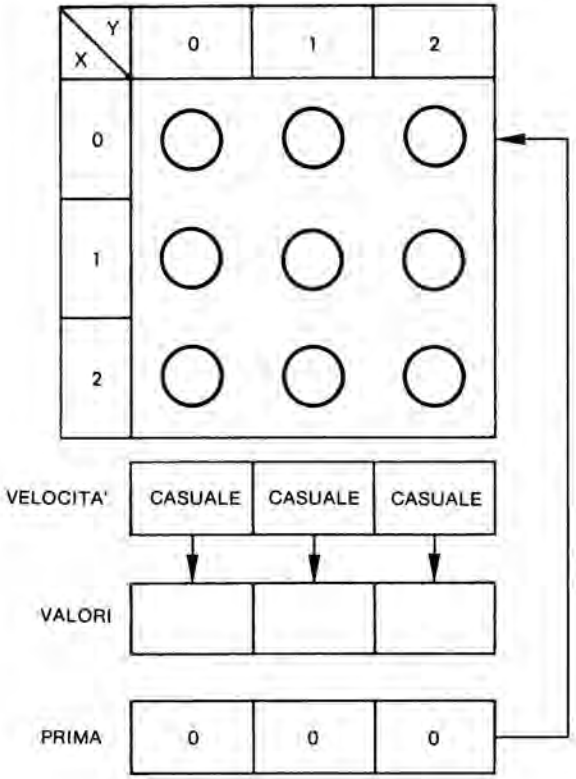


Figura 7.10: Rotazione delle ruote

```
CMP #HILIM      Troppo grande?
BCS GETRND      Se si, accettane un altro
CMP # LOLIM     Troppo piccolo?
BCC GETRND      Se si, accettane un altro
```

Il numero casuale valido viene quindi memorizzato nella locazione indice INDX e nella locazione SPEEDS della colonna corrente. (Vedere la Fig. 7.10).

```
STA INDX,Y
STA SPEEDS,Y
```

Lo stesso processo viene eseguito per le colonne 1 e 0:

```
            DEY
            BPL GETRND      Accetta il numero casuale
                            successivo
```

Una volta ottenuti l'indice e la velocità di tutte e tre le colonne, si inizia un nuovo ciclo di iterazione, impiegando il registro X come contatore della ruota:

```
UPDATE      LDX #2          Poni il contatore per tre
                            iterazioni
```

Si esegue il test della velocità rispetto al valore 0:

```
UPDTLP      LDY SPEEDS,X    Velocità (X) = 0?
            BEQ NXTUPD      Se così aggiorna la colonna
                            successiva
```

Finchè la velocità non è zero, occorre accendere il LED successivo di quella colonna. Il conteggio del ritardo viene decrementato:

```
            DEC INDX,X      Ciclo di decremento, indice (X)
```

Se il ritardo non è stato decrementato a zero, si ha una ramificazione a NXTUPD che verrà descritta più avanti. Altrimenti, se il contatore di ritardo INDX è decrementato a 0, occorre accendere il LED successivo. Il puntatore del LED viene incrementato oppure riparte dall'inizio se esso raggiunge il valore 3:

```
            BNE NXTUPD      Se indice del ciclo (X)<>0,
                            esegui l'aggiornamento
                            successivo
            LDY INCR,X      Incrementa puntatore
            INY
            CPY #3          Puntatore = 3?
            BNE NORST       Se no, salta
            LDY #0          Reset a 0
NORST       STY INCR,X      Rimemorizza puntatore (X)
```

Il nuovo valore del puntatore del LED viene ri-memorizzato in INCR per la colonna appropriata. (Ricordate che all'interno della routine UPDATE, X punta alla colonna). Per accendere il LED appropriato, occorre ricavare una configurazione di bit da LTABLE. Notate che LTABLE (ed anche SCORTB) viene trattata dal punto di vista concettuale, come se si trattasse di una matrice bi-dimensionale, cioè avente

righe e colonne. Tuttavia, sia LTABLE che SCORTB, sono immagazzinate in memoria come una serie continua di numeri. Quindi, per ottenere l'indirizzo di un particolare elemento, il numero di riga deve essere moltiplicato per il numero di colonne e quindi sommato al numero di colonne.

Si accederà alla tabella con l'impiego del modo di indirizzamento indicizzato, in cui il registro Y viene impiegato come indice. Per accedere alla tabella, X deve essere preliminarmente moltiplicato per 3 e poi occorre sommargli il valore di INCR (cioè il puntatore del LED).

La moltiplicazione per 3 viene eseguita per mezzo di uno scorrimento a sinistra seguito da un'addizione, essendo lo scorrimento a sinistra equivalente ad una moltiplicazione per 2:

```
STX TEMP        Moltiplica X per 3
TXA
ASL A           Scorrimento a sinistra
CLC
ADC TEMP        Più uno
```

Viene quindi sommato il valore di INCR ed il totale è trasferito nel registo Y in modo da impiegare la tecnica di indirizzamento indicizzato. Infine si può prelevare l'ingresso da LTABLE:

```
ADC INCR,X
TAY
LDA LTABLE,Y    Accetta la struttura di LED
```

Una volta che la configurazione è stata ottenuta, viene memorizzata in una delle tre locazioni di memoria all'indirizzo LTMSK e successivi. La configurazione viene memorizzata alla locazione di memoria corrispondente alla colonna che viene correntemente aggiornata, dove il LED è stato "mosso". L'accensione dei LED deve avvenire soltanto dopo che è stato implementato il pattern completo di tutte e tre le colonne. In consenguenza dell'avanzamento della posizione del LED all'interno della colonna, la costante di velocità deve essere incrementata.

```
        STA LTMSK,X
SPDUPD  LDY SPEEDS,X
        INY
        STY SPEEDS,X
```

L'indice viene posto uguale alla nuova velocità:

```
STY INDX,X
```

Notate che ora sarà necessaria una manipolazione speciale per il LED #9. Il pattern da visualizzare sui primi otto LED era memorizzato in LTABLE. Si riconosce facilmente che il LED # 9 deve essere acceso dal fatto che la configurazione della colonna #3 mostra tutti zeri: poichè un LED deve essere sempre accesso in una colonna, questo implica che occorre accendere il LED #9:

```
LEDUPD    LDA  #0
          STA  PORT1B      Reset del LED 9
```

Successivamente si ottiene il pattern della terza colonna dalla locazione in cui è stata salvata in LTMSK + 2. Si esegue il test rispetto al valore 0:

```
          LDA LTMSK + 2
          BNE OFFLD9
```

Se questa configurazione è zero, allora occorre accendere il LED #9:

```
          LDA #01
          STA PORT1B
```

Altrimenti si ha una ramificazione alla locazione OFFLD9 e verranno accesi i LED rimanenti. La struttura ora contenuta nell'accumulatore ed ottenuta da LTMSK + 2 viene successivamente messa in OR con le configurazioni della seconda e terza colonna:

```
          LDA #0
OFFLD9    ORA LTMSK
          ORA LTMSK + 1
```

A questo punto, A contiene la configurazione finale che deve essere inviata alla porta d'uscita per attivare la configurazione di LED richiesta. Si ha quindi:

```
          STA PORT1A
```

E, contemporaneamente, viene attivato l'altoparalante:

```
          LDA PORT3B
          EOR #$FF
          STA PORT3B
```

È importante capire che, anche se sono stati mossi solo i LED di una delle tre colonne, è necessario accendere contemporaneamente i LED di

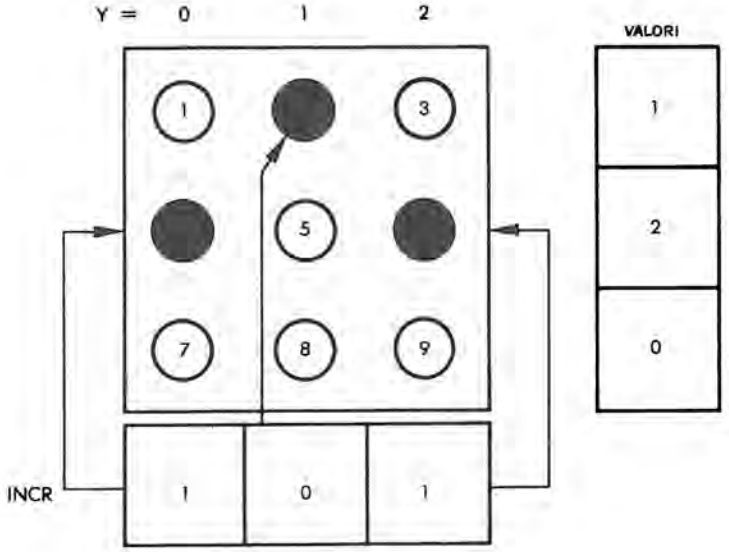


Figura 7.11: Valutazione della fine di una rotazione

tutte le colonne oppure la prima e la seconda colonna si spegneranno.

Una volta considerata la terza colonna, occorre passare alla successiva. Il puntatore di colonna X viene perciò decrementato ed il processo continua:

```
NDTUPD    DEX
          BPL UPDTLP      Se X >= 0 esegui
                          l'aggiornamento successivo
```

Una volta che sono state manipolate la prima e la seconda colonna, viene implementato un ritardo per evitare un lampeggio troppo veloce dei LED. Questo ritardo viene controllato dal parametro di velocità SPDPRM:

```
          LDY #SPDPRM
WAIT      DEY
          BNE WAIT
```

Una volta eseguito questo ciclo completo, si controlla se la locazione della velocità di ogni colonna contiene 0. Se tutte le colonne sono zero, la rotazione è conclusa:

```
        LDA SPEEDS
        ORA SPEEDS + 1
        ORA SPEEDS + 2
        BNE UPDATE
```

Altrimenti, si ha una ramificazione alla locazione UPDATE. Se tutti i LED si sono arrestati, deve essere generata una pausa in modo che l'utente possa vedere la struttura:

```
        LDA #$FF
        STA DUR
        JSR DELAY
```

e quindi si esce:

```
        RTS
```

Esercizio 7-2: *Notate che i contenuti delle tre locazioni SPEEDS sono stati posti in OR per eseguire il test se sono tre zeri. Sarebbe stato equivalente sommarli assieme?*

Subroutine EVAL

Questa subroutine costituisce l'interfaccia d'uscita dell'utente. Essa calcola il punteggio ottenuto dal giocatore e genera gli effetti visivi e sonori. Le costanti per le frequenze del tono acuto generato da una situazione perdente sono specificate all'inizio di questa subroutine:

```
        HITONE = $20
        LOTONE = $F0
```

Il metodo impiegato per calcolare il numero di LED accesi per ogni riga è stato discusso e mostrato in Fig. 7.7. Il numero di LED accesi per ogni riga è inizialmente posto a zero:

```
EVAL    LDA #0
        STA VALUES
        STA  VALUES  +  1
        STA  VALUES  +  2
```

Anche il punteggio temporaneo viene posto a zero:

```
        STA SCORTP
```

Il registro indice Y verrà impiegato come puntatore di colonna, e verrà calcolato il numero di LED accesi per ogni riga. Il numero di LED accesi per la colonna corrente viene ottenuto leggendo l'ingresso appropriato INCR. Osservata l'esempio in Fig. 7.11. Il valore contenuto in ciascuna delle tre locazioni INCR è il numero di riga. Questo numero di riga viene memorizzato nel registro X ed impiegato come indice per incrementare il valore appropriato nella tabella VALUES. Notate che tutto viene eseguito in appena due istruzioni, chiaramente impiegando due volte la tecnica di indirizzamento indicizzato del 6502:

```
CNTLP     LDY #2          3 iterazioni
          LDX INCR,Y
          INC VALUES,X
```

Questo viene eseguito una volta per la colonna 2, il processo viene quindi ripetuto per le colonne 1 e 0:

```
          DEY
          BPL CNTLP
```

A questo punto verrà eseguita un'altra iterazione per convertire i numeri finali caricati nella tabella VALUES in punteggi reali sulla base delle specifiche della tabella dei punteggi, SCORTB. Il registro indice X viene impiegato come puntatore di riga per VALUES e SCORTB.

```
          LDX #2
```

Poichè la tabella SCORTB ha quattro ingressi di un byte per il livello di riga, per accedere al byte corretto all'interno della tabella il numero di riga deve essere preliminarmente moltiplicato per 4, quindi occorre sommargli il "valore" corrispondente (numero di LED accesi). La moltiplicazione per 4 viene implementata con due scorrimenti successivi a sinistra:

```
SCORLP    TXA
          ASL A
          ASL A
```

Il numero attualmente contenuto nell'accumulatore è uguale a 4 volte il valore contenuto in X, cioè 4 volte il valore del puntatore di riga. Per ottenere l'offset (fuori zero) finale per la tabella SCORTB, dobbiamo sommare a questo valore il numero di LED accesi in quella riga, cioè il numero contenuto nella tabella VALUES. Come al solito, questo numero viene ottenuto eseguendo un'operazione di indirizzamento indicizzato:

```
CLC
ADC VALUES, X    Indirizzo di colonna nell'array
```

Si ottiene in tal modo l'offset finale corretto per l'accesso a SCORTB.

Ora si può eseguire l'accesso indicizzato alla tabella SCORTB. Il registro indice Y viene impiegato per questo scopo ed i contenuti nell'accumulatore vengono trasferiti in esso:

```
TAY
```

Viene eseguito l'accesso:

```
LDA SCORTB, Y    Accetta il punteggio di questa
                 rotazione
```

Il punteggio corretto corrispondente al numero di LED accesi nella riga puntata dal registro indice X è ora contenuto nell'accumulatore. Il punteggio parziale ottenuto per la riga corrente viene ora sommato al totale corrente per tutte le righe:

```
CLC
ADC SCORTP       Totale dei punteggi
STA SCORTP       Salvato
```

Viene quindi decrementato il numero di riga in modo da poter esaminare la riga successiva. Se viene eseguito il decremento di X dal valore 0, cioè se si ottiene un valore negativo, si esce; altrimenti si riesegue il ciclo:

```
DEX
BPL SCORLP
```

A questo punto è stato ottenuto il punteggio totale della rotazione corrente. Occorre segnalare al giocatore, in modo visivo ed udibile una vittoria oppure una sconfitta. Per preparare l'attivazione dell'altoparlante, la locazione di memoria DUR viene impostata alla durata corretta del tono:

```
LDA #$60
STA DUR
```

Viene quindi esaminato il punteggio: se è 0 si ha una ramificazione alla routine LOSE:

```
LDA SCORTP
BEQ LOSE
```

Altrimenti si tratta di una vittoria. Esaminiamo queste due routine.

Routine WIN

Il punteggio finale (per tutte le rotazioni del gioco) è contenuto nella locazione di memoria SCORE (punteggio). Questa locazione di memoria verrà incrementata di un punto alla volta è controllata rispetto al massimo valore 16 ogni volta. Eseguiamo:

```
WIN     INC SCORE
        LDY SCORE
        CPY #16
```

Se è stato raggiunto il massimo valore 16, è la fine del gioco e si ha una ramificazione alla locazione WINEND:

```
        BEQ WINEND
```

Altrimenti viene aggiornata la visualizzazione del punteggio ed emesso un beep:

```
        JSR LIGHT
```

La routine LIGHT verrà descritta in seguito. Essa visualizza il punteggio del giocatore. Successivamente viene emesso un beep:

```
        LDA #HITONE
        JSR TONE
```

Anche la routine TONE verrà descritta in seguito.

Viene quindi implementato un ritardo:

```
        JSR DELAY
```

quindi viene decrementato il punteggio di questa rotazione:

```
        DEC SCORTP
```

e controllato rispetto al valore zero. Se è 0, il gioco è terminato, altrimenti viene rieseguito il ciclo:

```
        BNE WIN
        RTS
```

Routine WINEND

Si accede a questa routine ogni volta che si raggiunge un punteggio totale pari a 16. Questa è la fine del gioco. Tutti i LED vengono accesi

contemporaneamente e viene attivato un suono di sirena con frequenza crescente. Infine si ha un restart del gioco.

Tutti i LED vengono accesi caricando la struttura appropriata nella Porta 1A e Porta 1B:

```
        LDA #$FF
        STA PORT1A      Accendi tutti i LED
        STA PORT1B
```

Le variabili vengono ri-inizializzate: il punteggio totale diventa zero, il che segnala al programma principale l'inizio di un nuovo gioco, la locazione di memoria DUR viene posta a 4 per controllare la durata del tempo di esecuzione dei beep ed il parametro di frequenza viene posto ad "FF" alla locazione TEMP:

```
        STA TEMP        Parametro di frequenza
        LDA #0
        STA SCORE       Azzera per il restart
        LDA #4
        STA DUR         Durata del beep
```

Per generare un beep viene impiegata la subroutine TONE:

```
RISE    LDA TEMP        Accetta la frequenza
        JSR TONE        Genera il beep
```

La costante di frequenza del beep viene quindi decrementata e viene eseguito il beep successivo ad un'altezza leggermente più alta:

```
        DEC TEMP
        BNE RISE
```

Ogni volta che la costante di frequenza viene decrementata a 0, la sirena è completa e si esce dalla routine:

```
        RTS
```

Routine LOSE

Ora esaminiamo cosa succede nel caso di una situazione di sconfitta. Gli eventi sono essenzialmente simmetrici rispetto a quelli descritti nel caso di una vittoria.

Nel caso di una sconfitta, il punteggio deve essere aggiornato solo una

volta. Esso viene decrementato di uno:

```
LOSE        DEC SCORE
```

Il punteggio diminuito viene visualizzato al giocatore:

```
            LDY SCORE
            JSR LIGHT
```

Viene generato un suono udibile:

```
            LDA #LOTONE
            JSR TONE
```

Viene controllato il valore finale del punteggio per vedere se è stato raggiunto un punteggio "0". In caso affermativo il gioco è terminato; altrimenti viene iniziata la rotazione successiva:

```
            LDY SCORE
            BEQ LOSEND
            RTS
```

Osserviamo che cosa succede quando si raggiunge un punteggio "0" (LOSEND). Verrà generata una sirena con frequenza decrescente. Tutti i LED saranno spenti sulla scheda:

```
LOSEND      LDA #0
            STA TEMP
            STA PORT1A      Spegni il LED #1
```

La durata del beep per ogni frequenza viene posta al valore 4, memorizzato nella locazione di memoria DUR:

```
            LDA #4
            STA DUR
```

Viene quindi generato il beep alla frequenza corrente:

```
FALL        LDA TEMP
            JSR TONE        Esegui il beep
```

Successivamente la costante di frequenza viene aumentata di 1 ed il processo viene ri-inizializzato fino all'overflow del registro TMP.

```
            INC TEMP        Il tono successivo sarà
                            più basso
```

```
        BNE FALL
        RTS
```

Questo completa la nostra descrizione del programma principale. Esaminiamo ora le quattro subroutine che vengono impiegate. Queste sono: DELAY, LIGHT, TONE e RANDOM.

Subroutine DELAY

Questa subroutine implementa un ritardo; la durata del ritardo viene imposta dal contenuto della locazione di memoria DUR. La lunghezza del ritardo risultante sarà uguale a (2046 x DUR + 10) microsecondi. Il ritardo viene implementato impiegando una scrittura convenzionale a cicli annidati a due livelli. Il ciclo di ritardo più interno viene controllato dal registro indice X, mentre il ciclo di ritardo più esterno viene controllato dal registro indice Y, che viene inizializzato dal contenuto della locazione di memoria DUR. Quindi Y viene inizializzato:

```
DELAY   LDY DUR
```

Viene quindi implementato il ritardo del ciclo più interno:

```
DL1     LDX #$FF
DL2     BNE*+2      Consuma tempo
        DEX         Contatore del ciclo più interno
        BNE DL2     Ciclo interno
```

Infine viene implementato il ciclo esterno:

```
        DEY
        BNE DL1
        RTS
```

Esercizio 7-3: *Verificate l'esatta durata del ritardo implementato dalla subroutine DELAY.*

Subroutine LIGHT

Questa subroutine accende i LED corrispondenti al numero contenuto nel registro Y. Ricordate che i quindici LED sulla Scheda Giochi sono numerati esternamente da 1 a 15 ma sono connessi ai bit da 0 a 7 della Porta 1A e da 0 a 7 della Porta 1B. Quindi, se deve essere visualizzato un punteggio pari ad 1, deve essere posto ad 1 il bit 0 della Porta 1A. In

generale il bit N della Porta 1A deve essere posto ad 1 quando N è uguale al punteggio meno 1. Comunque esiste un'eccezione. Per vedere questo, fate riferimento alla Fig. 1.4 che mostra le connessioni dei LED. Notate che il bit 6 della Porta 1B non è connesso a nessun LED. Ogni volta che deve essere visualizzato un punteggio pari a quindici, vien posto ad 1 il bit 7 della Porta 1B. Questa eccezione verrà considerata nella routine semplicemente non decrementando il punteggio quando esso ammonta a 15.

La configurazione corretta di accensione dei LED appropriati si otterrà facendo scorrere un "1" nell'accumulatore in posizione corretta. In un esercizio successivo verranno suggeriti altri metodi. Preliminarmente eseguiamo l'inizializzazione:

```
LIGHT     LDA #0
          STA TEMP
          STA PORT1A
          STA PORT1B
```

Dobbiamo prima considerare la situazione in cui il punteggio contenuto in Y sia 15 ed, in questo caso, occorre non eseguire nulla (nessuno scorrimento):

```
          CPY#15        Codice per bit non corretto?
          BEQ*+3        Se sì, nessuna variazione
```

Per qualsiasi altro punteggio, viene eseguito prima il decremento e poi lo scorrimento:

```
          DEY           Decrementa al codice interno
          SEC           Poni ad 1 il bit di scorrimento
LTSHFT    ROL A
```

La prima istruzione di questa subroutine azzera i contenuti dell'accumulatore. Il bit di riporto (carry) è settato al valore 1 e quindi fatto scorrere nella posizione di estrema destra di A. (Vedere Fig. 7.12). Questo processo viene ripetuto tante volte quante sono necessarie. Poichè dobbiamo contare da 1 a 14, oppure da 0 a 13, si verifica un overflow quando l'"1" fatto ruotare nell'accumulatore "cade fuori" a sinistra. Finchè questo non accade il processo di scorrimento continua e viene implementata una ramificazione alla locazione LTCC:

```
          BCC LTCC
```

Comunque, se il bit "1" cade fuori a sinistra dell'accumulatore, il valore "FF" viene caricato alla locazione di memoria TEMP per segnalare

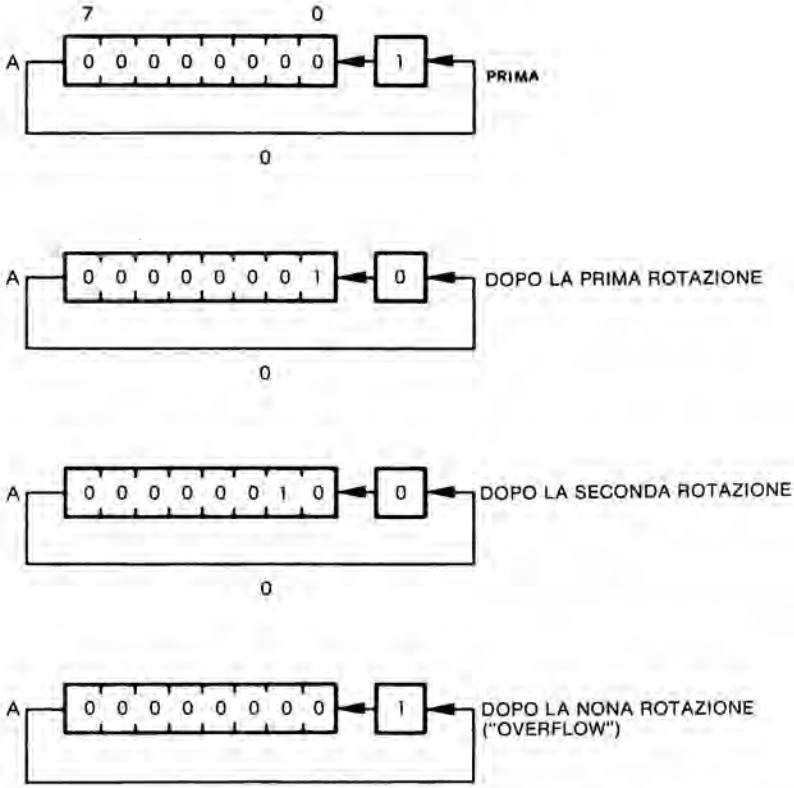


Figura 7.12: Generazione della struttura di LED

questa eventualità. Ricordate che il valore era azzerato dalla seconda istruzione della subroutine LIGHT.

```
LDX #$FF
STX TEMP
```

Il bit "1" viene quindi mosso dal carry alla posizione di estrema destra dell'accumulatore. Successivamente verrà controllato il valore contenuto nella locazione di memoria TEMP e questo determinerà se la struttura contenuta nell'accumulatore deve essere inviata alla Porta 1A oppure alla Porta 1B.

Il processo di scorrimento continua. Il contatore viene decrementato e, se esso raggiunge il valore "0", si esce; altrimenti il processo viene

ripetuto:

```
        ROL A
LTCC    DEY
        BPL LTSHFT
```

Una volta completato il processo, viene esaminato il valore della locazione di memoria TEMP. Se questo valore è "0", significa che non si è verificato alcun overflow e che deve essere impiegata la Porta 1A. Se questo valore non è "0", cioè se è "FF", allora occorre impiegare la Porta 1B:

```
        LDX TEMP      Accetta il flag di overflow
        BNE HIBYTE
LOBYTE  STA PORT1A    Invio ai LED inferiori
        RTS           Ritorno
HIBYTE  STA PORT1B    Invio ai LED superiori
        RTS
```

Subroutine TONE

Questa subroutine genera un beep. La frequenza del beep è determinata dai contenuti dell'accumulatore al momento della chiamata; la durata del beep è impostata dai contenuti della locazione di memoria DUR. Questo è già stato descritto al Capitolo 2.

Subroutine RANDOM

Si tratta di un semplice generatore di numeri casuali. La subroutine è già stata descritta al Capitolo 3.

Esercizio 7-4: *Suggerite un altro modo per generare la configurazione di LED corretta da caricare nell'accumulatore, senza l'impiego di una sequenza di rotazioni.*

Variazioni del gioco

Le tre righe di LED disponibili sulla Scheda Giochi possono essere interpretate in un modo diverso da quello impiegato all'inizio di questo capitolo. La riga 1 potrebbe essere interpretata, diciamo, come ciliegie, la riga 2 come stelle e la riga 3 come arance. Quindi un LED acceso nella riga 1 alla fine della rotazione rappresenta una ciliegia, mentre due LED

nella riga 3 mostrano due arance. La combinazione risultante è una ciliegia e due arance. La tabella del punteggio impiegata in questo programma può essere alternata per assegnare un punteggio differente per ogni combinazione, in dipendenza del numero di ciliegie, arance o stelle presenti alla fine della rotazione. A questo punto è molto semplice modificare i valori caricati nella tabella del punteggio. Quando vengono caricati nuovi valori nella tabella del punteggio, verrà implementato un risultato di assegnazione del punteggio completamente diverso. Non saranno necessarie altre variazioni del programma.

SOMMARIO

Questo programma, benchè apparentemente semplice, è relativamente complesso, e può portare a giochi notevolmente diversi a seconda della formula di valutazione impiegata al momento dell'arresto della rotazione. Per motivi di chiarezza, il programma è stato organizzato in routine separate che possono essere studiate individualmente.

CAPITOLO 8

ECO

LE REGOLE

Lo scopo di questo gioco è riconoscere e duplicare una sequenza di luci e suoni che vengono generati dal computer. Alcune variazioni di questo gioco, come "Simon" e "Follow me" (marchi registrati*) sono commercialmente disponibili. In questa versione il giocatore deve specificare, prima di iniziare il gioco, la lunghezza della sequenza da riconoscere. Il giocatore indica la sua preferenza di lunghezza premendo il tasto opportuno tra 1 e 9. A questo punto il computer genera una sequenza casuale avente la lunghezza desiderata. Questa sequenza può essere ascoltata e visualizzata premendo uno qualsiasi dei tasti alfabetici (dalla A alla F).

Quando viene premuto uno dei tasti alfabetici, la sequenza generata dal programma viene visualizzata sui LED corrispondenti (contrassegnati da 1 a 9) sulla Scheda Giochi, con contemporanea esecuzione all'altoparlante di una sequenza di note. Il giocatore dovrebbe prestare molta attenzione ai suoni e/o alle luci e, successivamente introdurre la sequenza di numeri che ha identificato. Ogni volta che il giocatore preme il tasto corretto, il LED corrispondente sulla Scheda Giochi si accende, indicando un successo. Ogni volta che viene commesso un errore, viene emesso un tono basso.

Alla fine del gioco, se il giocatore ha indovinato si accendono tutti i LED sulla Scheda Giochi e viene eseguita una scala crescente (successione di note). Se il giocatore non ha indovinato, sulla Scheda Giochi si accenderà soltanto un LED indicante il numero di errori commessi e verrà seguita una scala decrescente.

---

* "Follow me" è un marchio registrato della Atari, Inc., "Simon" è un marchio registrato della Mil· ı Bradley Co.

Se il giocatore ha indovinato, il gioco viene ri-inizializzato, altrimenti viene azzerato il numero di errori ed il giocatore ha un'altra possibilità di indovinare la serie.

In qualsiasi istante durante il gioco, il giocatore può premere uno dei tasti alfanumerici che gli consente di ascoltare ancora la sequenza. Tutti i tentativi precedenti vengono cancellati ed il gioco ricomincia.

Due LED nella riga in basso della matrice di LED vengono impiegati per comunicare con il giocatore.

Il LED 10 (il LED di estrema sinistra) indica "computer pronto - carica la lunghezza desiderata della sequenza".

Il LED 11 si accende immediatamente dopo che il giocatore ha specificato la lunghezza della sequenza. Esso rimane acceso durante il gioco e significa "introduci il tuo tentativo".

A questo punto il giocatore ha 3 possibilità:

1. Premere un tasto corrispondente al numero della sequenza che tenta di riconoscere.

2. Premere il tasto 0. Questo impone la ri-inizializzazione del gioco.

3. Premere un tasto dalla A alla F. Questo impone al computer la ri-esecuzione della stessa sequenza e ri-inizializza la sequenza dei tentativi.

Variazioni

Il programma fornisce un test molto valido per valutare le vostre capacità musicali. Vi suggeriamo di iniziare un nuovo gioco ascoltando la sequenza, senza osservare i LED. Questo perchè i LED sulla Scheda Giochi sono numerati ed è abbastanza facile ricordare la sequenza di accensione semplicemente memorizzando i numeri. Questo potrebbe essere troppo semplice. Inoltre dovreste iniziare con sequenze di una sola nota. Se avete successo continuate con una sequenza di due note e quindi con una sequenza di tre note. Sfidate altri giocatori, vince il giocatore che è in grado di riconoscere la sequenza più lunga. Notate che alcuni giocatori sono in grado di riconoscere abbastanza facilmente una sequenza di nove note.

Dopo l'esecuzione di un certo numero di note (per esempio quando sono state eseguite più di cinque note), in modo da facilitare il tentativo, si può consentire al giocatore di guardare i LED sulla Scheda Giochi. Un altro approccio potrebbe essere quello di consentire al giocatore di premere uno dei tasti alfabetici in qualsiasi momento in modo da ascoltare ancora la sequenza; potrebbe essere motivo di penalità. Questa potrebbe consistere nel richiedere al giocatore il riconoscimento di una seconda sequenza della stessa lunghezza prima di passare ad una più lunga. Ciò significa che, per esempio, se un giocatore tenta di riconoscere

una sequenza di nove note ma si innervosisce dopo aver commesso un errore e dimentica la sequenza, si può consentire al giocatore di premere uno dei tasti alfabetici e riascoltare la sequenza. Comunque, se il giocatore riesce al secondo tentativo, egli deve successivamente riconoscere un'altra sequenza di nove note prima di procedere ad una di dieci note.

Questo metodo può essere esteso consentendo a qualsiasi giocatore di ripetere la configurazione memorizzata fino ad un massimo di due, tre, o cinque volte per gioco. In altre parole, nel corso del gioco, un giocatore può ripetere la sequenza premendo uno dei tasti alfabetici, ma questa possibilità non può essere sfruttata più di n volte.

Un ESP tester

Un'altra variazione di questo gioco è di tentare di riconoscere la sequenza senza ascoltarla o vederla! Chiaramente in questo caso potete basarvi sui vostri poteri ESP (Extra Sensory Perception: percezione extra sensoriale) in modo da facilitare il tentativo. Per determinare se avete dei poteri ESP oppure no, ponete la lunghezza iniziale della sequenza ad "1". Quindi premete il tasto per tentare di individuare la nota selezionata dal programma. Ripetete numerose volte. Se non avete poteri ESP i vostri risultati dovrebbero essere casuali. Statisticamente dovreste vincere una volta su nove, che è soltanto un nono del tempo, ovvero l'11,11% del tempo. Notate che questa percentuale è valida solo per un numero molto elevato di tentativi.

Se vincete più dell'11% del tempo, potete avere dei poteri ESP! Se il vostro punteggio è maggiore del 50% intraprendete subito una carriera politica oppure dedicatevi agli affari. Se il vostro risultato è minore dell'11% siete "ESP negativo" ed è meglio che guardiate attentamente da entrambe le parti prima di attraversare la strada.

Il seguente esercizio è dedicato ai lettori che hanno delle basi di statistica.

Esercizio 8-1: *Calcolate la probabilità statistica di indovinare un tentativo su una sequenza di due numeri e su una sequenza di quattro numeri.*

UNA GIOCATA TIPICA

Il programma inizia alla locazione 200. Come appare in Fig. 8-1, si accende il LED 10. Specifichiamo una serie di lunghezza due premendo il tasto "2" sulla tastiera. La visualizzazione sui LED riportata in Fig. 8-2 significa "introduci il tuo tentativo".

Vogliamo ascoltare l'accordo e quindi premiamo il tasto "F". In risposta i LED 5 e 2 si accendono brevemente sulla Scheda Giochi e le

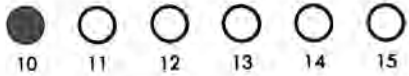


Figura 8.1: Specifica della lunghezza della sequenza da duplicare

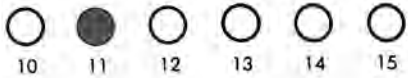


Figura 8.2: Caricate il vostro tentativo

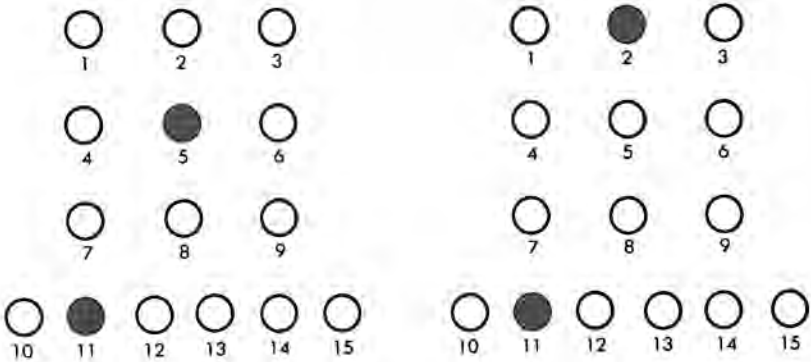


Figura 8.3: Seguitemi

note corrispondenti vengono eseguite attraverso l'altoparlante. Questo è illustrato in Fig. 8.3. Ora dobbiamo caricare la sequenza che abbiamo riconosciuto. Premiamo "5" sulla tastiera. In risposta il LED 11 si accende mentre il 5 si accende brevemente. Contemporaneamente la nota corrispondente viene eseguita attraverso l'altoparlante. È stato un tentativo riuscito!

Quindi premiamo il tasto "2". Il LED 2 si accende e l'altoparlante produce la nota corrispondente indicando che anche il secondo tentativo ha avuto successo. Un istante dopo tutti i LED sulla scheda si accendono in segno di congratulazioni e viene suonata una scala crescente. Si tratta di una sequenza di note di frequenza crescenti che confermano la vitto-

ria. Il gioco viene quindi ri-inizializzato ed il LED 10 si accende come mostrato in Fig. 8.1.

Seguiamo ora una sequenza perdente: il LED 10 è illuminato all'inizio del gioco, come in Fig. 8.1. Questa volta premiamo il tasto "1" per specificare una sequenza di una nota. Il LED 11 si accende, come mostrato in Fig. 8.2. Premiamo il tasto "F" e la nota viene eseguita sull'altoparlante. (Non guardiamo sulla Scheda Giochi il LED che si è acceso perchè sarebbe troppo semplice). Premiamo il tasto "3". Viene emesso un suono di sconfitta e si accende il LED 1 che indica l'esecuzione di un errore. Viene quindi eseguita una scala decrescente (note di frequenza decrescente) per confermare al giocatore sfortunato che il tentativo di indovinare la sequenza non è riuscito. Quindi il gioco continua con la stessa sequenza e lunghezza, cioè la situazione è ancora quella indicata in Fig. 8.2.

Se a questo punto il giocatore vuole cambiare la lunghezza della sequenza, oppure caricare una nuova sequenza, egli deve esplicitamente ri-inizializzare il gioco premendo il tasto 0. Dopo aver premuto il tasto 0, la situazione sarà quella indicata in Fig. 8.1, dove è possibile nuovamente specificare la lunghezza della sequenza.

L'ALGORITMO

La Fig. 8.4 riporta il diagramma di flusso di questo programma. Esaminiamolo passo per passo:

1. Il programma dice al giocatore di selezionare una lunghezza della sequenza mediante accensione del LED 10 sulla Scheda Giochi.
2. La lunghezza della sequenza viene letta dalla tastiera. (A questo punto i tasti 0 ed A-F vengono ignorati.)
3. Le due variabili principali sono inizializzate a "0", cioè vengono azzerati il numero di tentativi ed il numero di errori.
4. Deve quindi essere generata una tabella di sequenza della lunghezza richiesta. La generazione avviene per mezzo di numeri casuali compresi tra 1 e 9.
5. Successivamente viene acceso il LED 11 e letto il tasto premuto dal giocatore.
6. Se è "0" il gioco viene ri-inizializzato. Altrimenti si continua.
7. Se il valore del tasto premuto è maggiore o uguale a 10, si tratta di un carattere alfabetico e si salta alla parte destra del diagramma di flusso ai passi 8 e 9. La sequenza registrata viene visualizzata al giocatore, tutte le variabili sono ri-inizializzate a zero e si ricomincia il processo di tentativi. Se il tasto premuto era un numero compreso tra 1 e 9, occorre confrontarlo con il valore memorizzato. Si va a 10 sul diagramma di flusso.

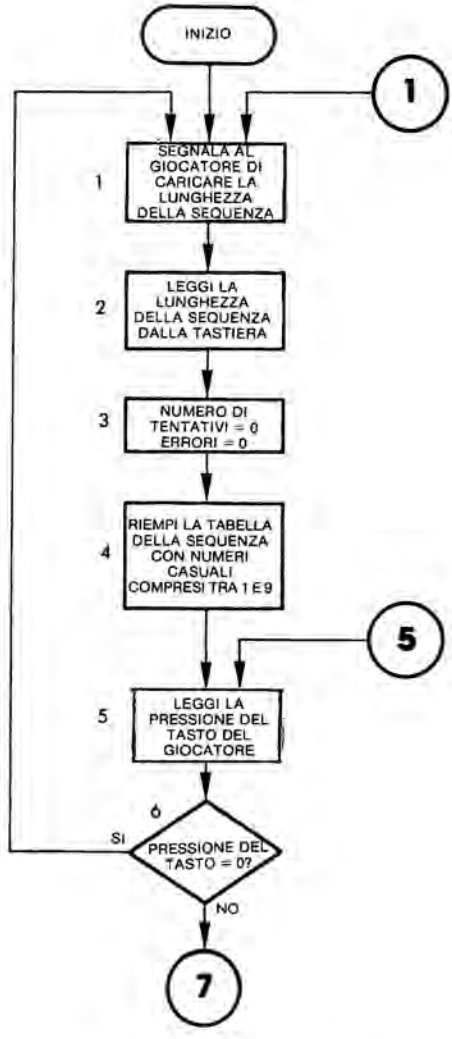


Figura 8.4: Diagramma di flusso dell'Eco

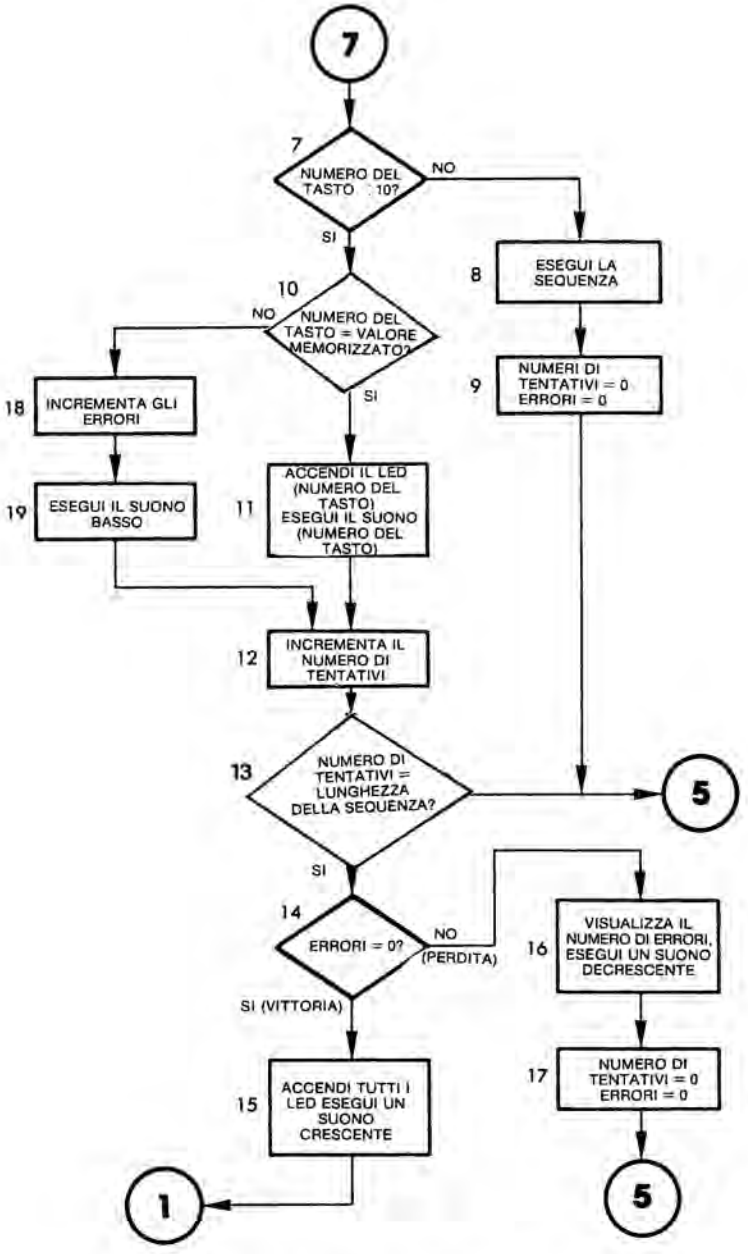


Figura 8.4: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

10. Se il tentativo era corretto, si salta a destra sul diagramma di flusso al passo 11.
11. Poichè il tasto premuto corrisponde al valore memorizzato in memoria, viene acceso il LED corrispondente sulla Scheda Giochi e viene eseguita la nota corrispondente al tasto premuto.
12. Il numero di tentativi viene incrementato e confrontato con la lunghezza massima della sequenza da indovinare.
13. Viene eseguito un controllo per vedere se è stata raggiunta la massima lunghezza della sequenza. In caso negativo si salta indietro al passo 5 sul diagramma di flusso e si legge il valore del tasto successivamente premuto. Se è stata raggiunta la massima lunghezza della sequenza, procediamo in basso nel diagramma di flusso al blocco contrassegnato con 14.
14. Viene controllato il numero totale di errori fatti dal giocatore. Viene eseguito il confronto della variabile ERRORS con il valore "0". Se essa è "0" si ha una situazione vincente e si salta al blocco 15.
15. Tutti i LED della scheda vengono accesi, viene eseguita una sequenza di note in ordine crescente e si salta indietro all'inizio del gioco.

Ritorniamo indietro al blocco 14. Se il numero di errori era maggiore di zero, si ha una situazione di "sconfitta" e si salta al blocco 16.

16. Viene visualizzato il numero di errori e vengono generate le note in ordine decrescente.
17. Tutte le variabili sono ri-inizializzate a zero e si salta al blocco 5, fornendo al giocatore un'altra possibilità per indovinare la serie.

Ora torneremo a dedicare la nostra attenzione al blocco 10 del diagramma di flusso, dove era stato controllato il valore del tasto rispetto al valore memorizzato. Assumeremo questa volta che il tentativo sia errato e si salta alla sinistra del blocco 10.

18. Il numero di errori eseguiti dal giocatore viene incrementato di uno.
19. Viene eseguita una nota bassa per indicare una situazione di sconfitta. Il programma quindi salta indietro al blocco 12 e procede come prima.

IL PROGRAMMA

La Fig. 5.1 riporta il programma completo. Il programma impiega due tabelle e diverse variabili. Le due tabelle sono: NOTAB, impiegata per specificare le frequenze delle note e DURTAB, impiegata per specificare le durate delle note. Entrambe queste tabelle sono state introdotte al Capitolo 2. Esse non verranno descritte in questa sede. In sostanza, esse

```
LINE   # LOC  CODE     LINE

0002   0000            ;        'ECO'
0003   0000            ; PROGRAMMA PER RICHIAMARE STRUTTURA/SUONO ED
                       ; ESEGUIRE ESP TEST.
0004   0000            ; L'UTENTE DEVE INDOVINARE UNA STRUTTURA DI LED
                       ; ACCESI ED
0005   0000            ; I SUONI ASSOCIATI. LA COMBINAZIONE SUONO/LUCE PUO'
                       ; ESSERE
0006   0000            ; VISUALIZZATA IN MODO CHE L'UTENTE PUO' RICORDARLA E
0007   0000            ; RICARICARLA CORRETTAMENTE.
0008   0000            ; FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA:
0009   0000            ; L'INDIRIZZO DI PARTENZA È $ 200
0010   0000            ; LA RIGA IN BASSO DI LED È UN INDICATORE
0011   0000            ; DELLO STATO DEL PROGRAMMA: QUELLO PIU' A SINISTRA
0012   0000            ; (# 10) INDICA CHE IL PROGRAMMA ATTENDE
0013   0000            ; DALL'UTENTE LA LUNGHEZZA
0014   0000            ; DELLA SEQUENZA DA INDOVINARE
0015   0000            ; IL SECONDO LED DA SINISTRA (# 11)INDICA
0016   0000            ; CHE IL PROGRAMMA ATTENDE UN TENTATIVO (1-9),
0017   0000            ; IL COMANDO DI RESTART DEL GIOCO (0), OPPURE IL
0018   0000            ; COMANDO DI ESECUZIONE DELLA SEQUENZA (A-F).
0019   0000            ; I TASTI 1-9 SONO ASSOCIATI AI LED
0020   0000            ; 1-9.
0021   0000            ; L'OSSERVAZIONE DELLA SEQUENZA A META' TENTATIVO
0022   0000            ; CANCELLERA' TUTTI I PRECEDENTI TENTATIVI
0023   0000            ; (RESET DI GESNO ED ERRS A 0).
0024   0000            ; DOPO UNA VITTORIA, SI HA IL RESTART DEL PROGRAMMA.
0025   0000            ;
0026   0000            ; COLLEGAMENTI:
0027   0000            GETKEY = $ 100
0028   0000            ;
0029   0000            ; MEMORIZZAZIONE DELLE VARIABILI:
0030   0000            DIGITS  = $ 00          ; NUMERO DI DIGIT IN SEQUENZA
0031   0000            GESNO   = $ 01          ; NUMERO DEL TENTATIVO
                                                ; CORRENTE.
0032   0000                                     ; (A CHE PUNTO DELLA SERIE SI
                                                ; TROVA L'UTENTE)
0033   0000            ERRS    = $ 02          ; NUMERO DI ERRORI FATTI NELLA
0034   0000                                     ; SEQUENZA CORRENTE DI
                                                ; TENTATIVI.
0035   0000            DUR     = $ 03          ; MEMORIZZAZIONE
                                                ; TEMPORANEA DELLA DURATA
                                                ; DELLE NOTE.
0036   0000            FREQ    = $ 04          ; MEMORIZZAZIONE
                                                ; TEMPORANEA DELLA
                                                ; FREQUENZA DELLE NOTE.
0037   0000            TEMP    = $ 05          ; MEMORIZZAZIONE
                                                ; TEMPORANEA DEL REGISTRO X.
0038   0000            TABLE   = $ 06          ; MEMORIZZAZIONE DELLA
                                                ; SEQUENZA
0039   0000            RND     = $ 0F          ; SCRATCHPAD PER IL
                                                ; GENERATORE DI # CASUALI
0040   0000            ; INDIRIZZI DEL 6522 VIA # 1:
0041   0000            PORT1A = $ A001
0042   0000            DDR1A  = $ A003
0043   0000            PORT1B = $ A000
0044   0000            DDR1B  = $ A002
0045   0000            T1CL   = $ A004
0046   0000            ; INDIRIZZI DEL 6522 VIA # 3:
0047   0000            PORT3B = $ AC00
0048   0000            DDR3B  = $ AC02
```

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco

```
0049  0000                ;
0050  0000                      *=   $ 200
0051  0200                ;
0052  0200  A9 FF   START  LDA  # $ FF     ; PREDISPONI I REGISTRI DI
                                           ; DIREZIONE DATI.
0053  0202  8D 03 A0       STA  DDR1A
0054  0205  8D 02 A0       STA  DDR1B
0055  0208  8D 02 AC       STA  DDR3B
0056  020B  A9 00          LDA  # 0        ; AZZERA LE MEMORIZZAZIONI
                                           ; DELLE VARIABILI
0057  020D  8D 01 A0       STA  PORT1A     ; ...ED I LED
0058  0210  85 02          STA  ERRS
0059  0212  85 01          STA  GESNO
0060  0214  AD 04 A0       LDA  T1CL       ; ACCETTA IL SEME PER IL
                                           ; GENERATORE DI CASUALI.
0061  0217  85 10          STA  RND+1      ; E MEMORIZZALO IN RND
                                           ; SCRATCH.
0062  0219  85 13          STA  RND+4
0063  021B  A9 02          LDA  # % 010    ; ACCENDI IL LED # 10 PER
                                           ; INDICARE
0064  021D  8D 00 A0       STA  PORT1B     ; LA RICHIESTA DELL'INGRESSO
                                           ; DELLA LUNGHEZZA.
0065  0220  20 00 01 DIGKEY JSR GETKEY     ; ACCETTA LA LUNGHEZZA
                                           ; DELLA SERIE.
0066  0223  C9 00          CMP  # 0        ; È 0?
0067  0225  F0 F9          BEQ  DIGKEY     ; SE SI, ACCETTANE UN'ALTRA.
0068  0227  C9 0A          CMP  # 10       ; LUNGHEZZA MAGGIORE DI 9?
0069  0229  10 F5          BPL  DIGKEY     ; SE SI ACCETTANE UN'ALTRA.
0070  022B  85 00          STA  DIGITS     ; SALVA LA LUNGHEZZA VALIDA.
0071  022D  AA             TAX             ; USA LUNGHEZZA - 1 COME
                                           ; INDICE PER IL RIEMPIMENTO ...
0072  022E  CA             DEX             ; ... DELLA SERIE CON VALORI
                                           ; CASUALI.
0073  022F  86 05    FILL  STX  TEMP       ; SALVA X DA 'RANDOM'
0074  0231  20 E7 02       JSR  RANDOM
0075  0234  A6 05          LDX  TEMP       ; RIMEMORIZZA X
0076  0236  F8             SED             ; ESEGUI UN AGGIUSTAMENTO
                                           ; DECIMALE?
0077  0237  18             CLC
0078  0238  69 00         ADC  # 0
0079  023A  D8             CLD
0080  023B  29 0F          AND  # $ 0F     ; RIMUOVI IL NIBBLE SUPERIORE
                                           ; IN MODO CHE
0081  023D                                 ; IL NUMERO SIA < 10
0082  023D  F0 F0          BEQ  FILL       ; # PUO' ESSERE 0.
0083  023F  95 06          STA  TABLE,X    ; MEMORIZZA # IN TABELLA.
0084  0241  CA             DEX             ; DECREMENTA PER IL CICLO
                                           ; SUCCESSIVO
0085  0242  10 EB          BPL  FILL       ; SE NON FATTO.
0086  0244  A9 00    KEY   LDA  # 0        ; AZZERA I LED
0087  0246  8D 01 A0       STA  PORT1A
0088  0249  A9 04          LDA  # % 0100   ; ACCENDI L'INDICATORE
                                           ; D'INGRESSO.
0089  024B  8D 00 A0       STA  PORT1B
0090  024E  20 00 01       JSR  GETKEY     ; ACCETTA TENTATIVO OPPURE
                                           ; ESEGUI CMD.
0091  0251  C9 00          CMP  # 0        ; È 0?
0092  0253  F0 AB   STRTJP BEQ  START      ; SE SI, RESTART.
0093  0255  C9 0A          CMP  # 10       ; NUMERO < 10?
0094  0257  30 22          BMI  EVAL       ; SE SI, VALUTA TENTATIVO.
0095  0259                 ;
0096  0259                 ; ROUTINE PER VISUALIZZARE LA SERIE DA INDOVINARE
                           ; DISSIPANTE ACCENSIONE DEI LED ED ESECUZIONE
```

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

```
0097  0259                ; DI SUONI IN SEQUENZA.
0098  0259
0099  0259  A2 00    SHOW   LDX  # 0
0100  025B  86 01           STX  GESNO      ; AZZERA TUTTI I TENTATIVI
                                            ; CORRENTI.
0101  025D  86 02           STX  ERRS       ; AZZERA GLI ERRORI CORRENTI.
0102  025F  B5 06    SHOWLP LDA  TABLE,X    ; ACCETTA L'X-ESIMO INGRESSO
                                            ; NELLA TABELLA DELLA SERIE.
0103  0261  86 05           STX  TEMP       ; SALVA X
0104  0263  20 CF 02        JSR  LIGHT      ; ACCENDI LED # (TABLE (X))
0105  0266  20 FA 02        JSR  PLAY       ; ESEGUI TONO # (TABLE (X))
0106  0269  A0 FF           LDY  # $ FF     ; IMPOSTA IL CONTATORE DEL
                                            ; CICLO PER IL RITARDO
0107  026B  66 03    DELAY  ROR  DUR        ; CONSUMA TEMPO
0108  026D  26 03           ROL  DUR
0109  026F  88              DEY             ; CONTO ALLA ROVESCIA ...
0110  0270  D0 F9           BNE  DELAY      ; SE NON FATTO, RICICLA ANCORA.
0111  0272  A6 05           LDX  TEMP       ; RIMEMORIZZA X
0112  0274  E8              INX             ; INCREMENTA L'INDICE PER
                                            ; MOSTRARE IL SUCCESSIVO
0113  0275  E4 00           CPX  DIGITS     ; MOSTRATI TUTTI I DIGIT?
0114  0277  D0 E6           BNE  SHOWLP     ; SE NO, VISUALIZZAZIONE
                                            ; SUCCESSIVA.
0115  0279  F0 C9           BEQ  KEY        ; FATTO, ACCETTA L'INGRESSO
                                            ; SUCCESSIVO.
0116  027B                ;
0117  027B                ; ROUTINE PER VALUTARE I TENTATIVI DEL GIOCATORE.
0118  027B                ;
0119  027B  A6 01    EVAL   LDX  GESNO      ; ACCETTA IL NUMERO DI
                                            ; TENTATIVI.
0120  027D  D5 06           CMP  TABLE,X    ; TENTATIVO = DIGIT
                                            ; CORRISPONDENTE?
0121  027F  F0 0D           BEQ  CORECT     ; SE SI, VISUALIZZA AL
                                            ; GIOCATORE.
0122  0281  E6 02    WRONG  INC  ERRS       ; TENTATIVO ERRATO, UN ALTRO
                                            ; ERRORE.
0123  0283  A9 80           LDA  # $ 80     ; DURATA DEL SUONO BASSO PER
                                            ; INDICARE
0124  0285  85 03           STA  DUR        ; UN TENTATIVO ERRATO.
0125  0287  A9 FF           LDA  # $ FF     ; COSTANTE DI FREQUENZA.
0126  0289  20 04 03        JSR  PLYTON     ; ESEGUI IL SUONO
0127  028C  F0 06           BEQ  ENDCHK     ; CONTROLLO DI FINE GIOCO
0128  028E  20 CF 02 CORECT JSR  LIGHT      ; CONVALIDA IL TENTATIVO
                                            ; CORRETTO.
0129  0291  20 FA 02        JSR  PLAY
0130  0294  E6 01    ENDCHK INC  GESNO      ; CONSIDERATO UN ALTRO
                                            ; TENTATIVO.
0131  0296  A5 00           LDA  DIGITS
0132  0298  C5 01           CMP  GESNO      ; INDOVINATI TUTTI I DIGIT?
0133  029A  D0 AB           BNE  KEY        ; SE NO, ACCETTA IL SUCCESSIVO.
0134  029C  A5 02           LDA  ERRS       ; ACCETTA IL NUMERO DI ERRORI.
0135  029E  C9 00           CMP  # 0        ; NESSUN ERRORE?
0136  02A0  F0 15           BEQ  WIN        ; SE NO, IL GIOCATORE VINCE.
0137  02A2  20 CF 02 LOSE   JSR  LIGHT      ; MOSTRA IL NUMERO DI ERRORI.
0138  02A5  A9 09           LDA  # 9        ; ESEGUI OTTO SUONI
                                            ; DECRESCENTI
0139  02A7  48       LOSELP PHA
0140  02A8  20 FA 02        JSR  PLAY
0141  02AB  68              PLA
0142  02AC  38              SEC
```

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

```
0143  02AD  E9 01              SBC  # 1
0144  02AF  D0 F6              BNE  LOSELP
0145  02B1  85 01              STA  GESNO      ; AZZERA LE VARIABILI
0146  02B3  85 02              STA  ERRS
0147  02B5  F0 8D              BEQ  KEY        ; ACCETTA IL SUCCESSIVO
                                               ; TENTATIVO DELLA SEQUENZA
0148  02B7  A9 FF      WIN     LDA  # $ FF     ; ACCENDI TUTTI I LED PER UNA
                                               ; VITTORIA
0149  02B9  8D 01 A0           STA  PORT1A
0150  02BC  8D 00 A0           STA  PORT1B
0151  02BF  A9 01              LBA  # 1        ; ESEGUI OTTO SUONI CRESCENTI
0152  02C1  48         WINLP   PHA
0153  02C2  20 FA 02           JSR  PLAY
0154  02C5  68                 PLA
0155  02C6  18                 CLC
0156  02C7  69 01              ADC  # 01
0157  02C9  C9 0A              CMP  # 10
0158  02CB  D0 F4              BNE  WINLP
0159  02CD  F0 84              BEQ  STRTJP     ; ESEGUI UN SALTO DOPPIO PER IL
                                               ; RESTART
0160  02CF             ;
0161  02CF             ; ROUTINE PER ACCENDERE L'N-ESIMO LED DOVE N È
0162  02CF             ; IL NUMERO TRASFERITO COME PARAMETRO
0163  02CF             ; NELL'ACCUMULATORE.

0164  02CF             ;
0165  02CF  48         LIGHT   PHA             ; SALVA A
0166  02D0  A8                 TAY             ; USA A COME CONTATORE IN Y
0167  02D1  A9 00              LDA  # 0         AZZERA A PER LO SCORRIMENTO
                                               ; DI BIT
0168  02D3  8D 00 A0           STA  PORT1B     ; AZZERA I LED HI
0169  02D6  38                 SEC             ; GENERA HI BIT PER LO
                                               ; SCORRIMENTO A SINISTRA
0170  02D7  2A         LTSHFT  ROL  A          ; MUOVI HI BIT A SINISTRA
0171  02D8  88                 DEY             ; DECREMENTA CONTATORE
0172  02D9  D0 FC              BNE  LTSHFT     ; SCORRIMENTO ESEGUITO?
0173  02DB  8D 01 A0           STA  PORT1A     ; MEMORIZZA LA STRUTTURA
                                               ; CORRETTA
0174  02DE  90 05              BCC  LTCC       ; BIT 9 NON HI, FATTO
0175  02E0  A9 01              LDA  #1
0176  02E2  8D 00 A0           STA  PORT1B     ; ACCENDI IL LED 9.
0177  02E5  68         LTCC    PLA             ; RIMEMORIZZA A
0178  02E6  60                 RTS             ; FATTO.
0179  02E7             ;
0180  02E7             ; GENERATORE DI NUMERI CASUALI: SI RITORNA CON UN
0181  02E7             ; NUOVO NUMERO CASUALE IN A.
0182  02E7             ;
0183  02E7  38         RANDOMSEC
0184  02E8  A5 10              LDA  RND+ 1
0185  02EA  65 13              ADC  RND+ 4
0186  02EC  65 14              ADC  RND+ 5
0187  02EE  85 0F              STA  RND
0188  02F0  A2 04              LDX  # 4
0189  02F2  B5 0F      RNDLP   LDA  RND,X
0190  02F4  95 10              STA  RND + 1,X
0191  02F6  CA                 DEX
0192  02F7  10 F9              BPL  RNDLP
0193  02F9  60         RTS
0194  02FA             ;
0195  02FA             ; ROUTINE PER L'ESECUZIONE DEL SUONO IL CUI NUMERO È
```

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

```
0196  02FA                ; STATO TRASFERITO ATTRAVERSO L'ACCUMULATORE. SE SI
                          ; ENTRA PLYTON,
0197  02FA                ; SI ESEGUIRA' IL SUONO LA CUI LUNGHEZZA È IN DUR,
0198  02FA                ; FREQUENZA NELL'ACCUMULATORE.
0199  02FA                ;
0200  02FA  A8            PLAY   TAY              ; USA # SUONO COME INDICE ...
0201  02FB  88                   DEY              ; DECREMENTA PER
                                                  ; CONFRONTARE LE TABELLE
0202  02FC  B9 27 0D             LDA  DURTAB,Y    ; ACCETTA LA DURATA DEL #
                                                  ; SUONO N.
0203  02FF  85 03                STA  DUR         ; SALVALA.
0204  0301  B9 1E 03             LDA  NOTAB,Y     ; ACCETTA LA COSTANTE DI
                                                  ; FREQUENZA DEL # SUONO N
0205  0304  B5 04         PLYTON STA  FREQ        ; SALVALA.
0206  0306  A9 00                LDA  # 0         ; PONI BASSA LA PORTA
                                                  ; DELL'ALTOPARLANTE
0207  0308  8D 00 AC             STA  PORT3B
0208  030B  A6 03                LDX  DUR         ; ACCETTA LA DURATA IN # DI 1/2
                                                  ; CICLI
0209  030D  A4 04         FL2    LDY  FREQ        ; ACCETTA LA FREQUENZA
0210  030F  88            FL1    DEY              ; CONTO ALLA ROVESCIA DEL
                                                  ; RITARDO
0211  0310  18                   CLC              ; CONSUMA TEMPO
0212  0311  90 00                BCC # + 2
0213  0313  D0 FA                BNE  FL1         ; CICLO DEL RITARDO
0214  0315  49 FF                EOR  # $ FF      ; COMPLEMENTA LA PORTA
0215  0317  8D 00 AC             STA  PORT3B
0216  031A  CA                   DEX              ; CONTO ALLA ROVESCIA DEL
                                                  ; RITARDO...
0217  031B  D0 F0                BNE  FL2         ; CICLO FINO ALL'ESECUZIONE
                                                  ; DELLA NOTA.
0218  031D  60                   RST              ; FATTO.
0219  031E                ;
0220  031E                ; TABELLA PER LE FREQUENZE DELLE NOTE.
0221  031E                ;
0222  031E  C9            NOTAB  . BYTE $ C9, $ BE, $ A9, $ 96, $ 8E, $ 7E, $70, $ 64, $ 5E
0222  031F  BE
0222  0320  A9
0222  0321  96
0222  0322  8E
0222  0323  7E
0222  0324  70
0222  0325  64
0222  0326  5E
0223  0327                ;
0224  0327                ; TABELLA PER LE DURATE DELLE NOTE.
0225  0327                ;
0226  0327  6B            DURTAB . BYTE $ 6B, $ 72, $ 80, $ 8F, $ 94, $ AA, $ BF, $ D7, $ E4
0226  0328  72
0226  0329  80
0226  032A  8F
0226  032B  94
0226  032C  AA
0226  032D  BF
0226  032E  D7
0226  032F  E4
0227  0330                       . END
```

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

SYMBOL TABLE

SYMBOL	VALUE						
CORECT	028E	DDR1A	A003	DDR1B	A002	DDR3B	AC02
DELAY	026B	DIGITS	0000	DIGKEY	0220	DUR	0003
DURTAB	0327	ENDCHK	0294	ERRS	0002	EVAL	027B
FILL	022F	FL1	030F	FL2	030D	FREQ	0004
GESNO	0001	GETKEY	0100	KEY	0244	LIGHT	02CF
LOSE	02A2	LOSELP	02A7	LTCC	02E5	LISHFT	02D7
NOTAB	031E	PLAY	02FA	PLYTON	0304	PORT1A	A001
PORT1B	A000	PORT3B	AC00	RANDOM	02E7	RND	000F
RNDLP	02F2	SHOW	0259	SHOWLP	025F	START	0200
STRTJP	0253	T1CL	A004	TABLE	0006	TEMP	0005
WIN	02B7	WINLP	02C1	WRONG	0281		

END OF ASSEMBLY

Figura 8.5: Diagramma di flusso dell'Eco (continua)

forniscono le costanti di ritardo richieste per implementare una nota di frequenza appropriata e per eseguirla per il periodo di tempo appropriato. Notate che è possibile modificare la difficoltà del gioco aumentando o diminuendo la durata di esecuzione della nota. Chiaramente, riducendo la durata si rende il gioco più difficile. Aumentando la durata lo si rende normalmente più facile, fino ad un certo punto però. Si consiglia vivamente di provare queste variazioni.

Le variazioni principali impiegate dal programma sono le seguenti:

DIGITS contiene il numero di digit della sequenza da riconoscere.

GESNO indica il numero del tentativo in corso, cioè quale delle note della serie l'utente sta cercando di riconoscere.

ERRS indica il numero di errori eseguiti dal giocatore.

TABLE è la tabella contenente la sequenza da riconoscere.

Qualche altra locazione di memoria è riservata ai parametri passanti alle subroutine o come memoria scratch-pad. Esse verranno descritte all'interno del contesto delle routine associate.

Come al solito, il programma inizia settando il registro di direzione dati della Porta 1A, della Porta 1B e della Porta 3B ad una configurazione d'uscita:

```
START     LDA #$FF
          STA DDR1A
          STA DDR1B
          STA DDR3B
```

Successivamente, i LED accesi sulla scheda vengono spenti:

```
          LDA #0
          STA PORT1A
```

e le due variabili, ERRS e GESNO, sono poste a zero:

```
STA ERRS
STA GESNO
```

Viene attivato il generatore di numeri casuali ottenendo un "seme" che viene memorizzato alle locazioni RND+1 ed RND+4:

```
LDA T1CL        Leggi il contatore timer
STA RND+1
STA RND+4
```

Il gioco è ora pronto. Occorre accendere il LED 10 per indicare al giocatore che il gioco è pronto:

```
LDA #%010       Struttura per il LED 10
STA PORT 1B     Specifica la lunghezza
```

Viene quindi esplorata la tastiera per ottenere l'ingresso del giocatore con l'impiego della solita subroutine GETKEY (descritta al Capitolo 1):

```
DIGKEY    JSR GETKEY
```

Si confronta l'ingresso con il valore "0":

```
CMP#0
BEQ DIGKEY      Se = 0, accettane un altro
```

Se l'ingresso era "0", il programma attende un'altra pressione di tasto. Altrimenti si esegue il confronto con il valore 10:

```
CMP #10         Sequenza più lunga di 9
BPL DIGKEY
```

Se la lunghezza della sequenza è maggiore di 9, si ha un altro rigetto. L'accettazione dei soli ingressi validi, impiegando un filtro è nota come "testing di ragionevolezza".

Se tutto va bene, la lunghezza della sequenza da riconoscere viene memorizzata nella locazione di memoria DIGITS:

```
STA DIGITS      Lunghezza della sequenza
```

Viene quindi calcolato un puntatore corrente e memorizzato alla loca-

zione di memoria TEMP. Esso è uguale alla lunghezza precedente meno 1:

```
        TAX         Impiega X per il calcolo
        DEX         Decrementa
FILL    STX TEMP
```

Viene quindi chiamata la subroutine RANDOM per fornire un primo numero casuale:

```
        JSR RANDOM
```

Il puntatore di posizione nella serie di note che stanno per essere generate viene recuperato da TEMP e memorizzato nel registro indice X, anticipando la memorizzazione del nuovo numero casuale in TABLE:

```
        LDX TEMP
```

Il valore del numero casuale contenuto nell'accumulatore viene successivamente convertito in un valore decimale compreso tra 0 e 9. Questo processo può essere eseguito in vari modi. In questo caso si sfrutta lo speciale modo decimale disponibile sul 6502. Il modo decimale viene impostato specificando:

```
        SED         Imposta il modo decimale
```

Si noti che il flag di carry deve essere azzerato prima di un'addizione:

```
        CLC         Azzera il carry
```

Il trucco impiegato in questo caso è di sommare "0" al numero casuale contenuto nell'accumulatore. Ne risulta che nella parte destra di A c'è sicuramente un digit compreso tra 0 e 9, poichè stiamo operando in modo decimale. Naturalmente potrebbe essere sommato ad A qualsiasi altro numero per rendere "decimali" i suoi contenuti; comunque questo potrebbe cambiare la distribuzione dei numeri casuali e nella serie non potrebbero mai apparire i numeri 0, 1 e 2. Una volta eseguita questa conversione, il modo decimale viene semplicemente disabilitato:

```
        ADC #0      Somma "0" in modo decimale
        CLD         Disabilita il modo decimale
```

Questa è una potente prestazione del 6502 impiegata con grande vantaggio in questa occasione. Per assicurarci che il risultato rimasto in A sia un

numero decimale tra 0 e 9, il nibble superiore del byte viene rimosso mediante mascheratura:

```
AND $#0F
```

Infine, un valore "0" non è consentito e deve essere ottenuto un nuovo numero se questo è il valore corrente dell'accumulatore:

```
BEQ FILL
```

Esercizio 8-2: *Potremmo evitare questo caso speciale di valore 0 sommando un valore oltre a "0" ad A precedente?*

Se questo non è il valore corrente dell'accumulatore, abbiamo un numero decimale tra 1 e 9 che è ragionevolmente casuale, che ora può essere memorizzato nella tabella. Ricordate che il registro indice X è stato precaricato con la posizione del numero corrente nella sequenza (recuperata dalla locazione di memoria TEMP). Esso può essere impiegato come indice:

```
STA TABLE, X      Memorizza il numero
                  nella tabella
```

Il puntatore del numero viene quindi decrementato per anticipare l'iterazione successiva:

```
DEX
```

ed il ciclo viene ri-eseguito fino al riempimento della tabella di numeri casuali:

```
BPL FILL
```

Ora siamo pronti per eseguire il gioco. Verrà acceso il LED 11 per segnalare al giocatore che può introdurre un tentativo:

```
KEY     LDA #0
        STA PORT1A
        LDA #%0100
        STA PORT1B
```

Il tentativo del giocatore viene quindi letto dalla tastiera:

```
            JSR GETKEY      Accetta il tentativo
```

Occorre controllare se è "0" oppure un valore alfabetico. Eseguiamo il test per "0":

```
            CMP #0          È 0?
STRTJP      BEQ START       Se sì, restart
```

Se era "0", il gioco viene ri-inizializzato e si salta alla locazione START. Se non era "0", dobbiamo controllare se si tratta di un carattere alfabetico:

```
            CMP #10         Numero < 10?
            BMI EVAL        Se sì, valuta il grado
                            di correttezza
```

Se il valore d'ingresso del tasto premuto è maggiore di 10, si tratta di un tentativo che viene valutato mediante la routine EVAL. In caso contrario il programma esegue la routine SHOW per visualizzare la serie.

La routine SHOW

Assumiamo in questo caso che sia stato premuto un tasto alfabetico. Il test BMI non è soddisfatto ed entriamo nella routine SHOW. Questa routine esegue l'accordo generato dal computer e genera l'accensione della sequenza corrispondente di LED. Inoltre, ogni volta che si accede a questa routine, viene ri-inizializzata la sequenza di tentativi e le variabili temporanee vengono resettate a 0:

```
SHOW        LDX #0
            STX GESNO
            STX ERRS        Reset di tutte le variabili
```

Si ottiene il primo ingresso alla tabella, viene acceso il LED corrispondente ed eseguita la nota corrispondente:

```
SHOWLP      LDA TABLE,X     Accetta l'X-esimo
                            ingresso alla tabella
            STX TEMP        Salva X
            JSR LIGHT       Accendi LED # TABLE (X)
            JSR PLAY        Esegui la nota # TABLE (X)
```

Viene quindi implementato un ritardo tra le note impiegando Y come contatore del ciclo e due pseudo-istruzioni per aumentare il ritardo:

```
        LDY #$FF
DELAY   ROR DUR      Pseudo-istruzione
        ROL DUR      Pseudo-istruzione
        DEY          Conto alla rovescia
        BNE DELAY    Fine del ciclo di test
```

Ora siamo pronti per eseguire la stessa operazione per la nota successiva della tabella corrente. Il puntatore indice viene ri-memorizzato ed incrementato:

```
        LDX TEMP     Ri-memorizza X
        INX          Incrementalo
```

Esso viene quindi confrontato con il numero massimo di digit memorizzati nella tabella. Se è stato raggiunto il massimo, l'operazione di visualizzazione è completata e si ritorna indietro alla label KEY. In caso contrario viene eseguita la nota successiva e si ritorna indietro alla label SHOWLP:

```
        CPX DIGITS   Mostrati tutti i digit?
        BNE SHOWLP
        BEQ KEY      Fatto, accetta
                     l'ingresso successivo
```

La routine EVAL

Esaminiamo ora la routine che valuta il tentativo del giocatore. Si tratta della routine EVAL. Il valore dell'ingresso corrispondente in TABLE viene ottenuto e confrontato con l'ingresso del giocatore:

```
EVAL    LDX GESNO    Carica il numero di
                     tentativo in X
        CMP TABLE,X  Confronta il tentativo
                     con il numero
        BEQ CORECT   Se corretto, avverti
                     il giocatore
```

Se c'è accordo si salta alla locazione CORECT; altrimenti il programma procede alla label WRONG. Esaminiamo questo caso. Se il tentativo è errato, viene registrato un ulteriore errore:

```
WRONG   INC ERRS
```

Viene eseguita una nota bassa:

```
        LDA #$80
        STA DUR
        LDA #$FF
        JSR PLYTON      Esegui la nota
```

Quindi si verifica un salto alla locazione ENDCHK:

```
        BEQ ENDCHK      Controlla se fine del gioco
```

Esercizio 8-3: *Esaminate la precedente istruzione BEQ. Essa genererà sempre un salto alla label ENDCHK? (Suggerimento: determinate se il bit Z sarà uno oppure zero a questo punto).*

Esercizio 8-4: *Quali sono i vantaggi dell'impiego di BEQ (precedente) rispetto a JMP?*

Ora consideriamo cosa succede nel caso di un tentativo corretto. Se il tentativo è corretto si accende il LED corrispondente e viene eseguita la relativa nota. Entrambe le subroutine assumono che l'accumulatore contenga il numero specificato:

```
CORECT  JSR LIGHT       Accendi il LED
        JSR PLAY        Esegui la nota per conferma
```

Ora dobbiamo determinare se abbiamo raggiunto la fine di una sequenza oppure no e prendere i provvedimenti adeguati. Il numero di tentativi viene quindi incrementato e confrontato con la lunghezza massima dell'accordo memorizzato:

```
ENDCHK  INC GESNO       Altro tentativo
        LDA DIGITS
        CMP GESNO       Indovinati tutti i digit?
        BNE KEY         Se no, prendi la chiusura
                        di un tasto successiva
```

Se non è ancora finita, si verifica un salto indietro alla label KEY. Altrimenti, abbiamo raggiunto la fine di un gioco e dobbiamo segnalare una situazione di vittoria o di sconfitta. Per determinare questo viene controllato il numero di errori:

```
        LDA ERRS        Accetta il numero di errori
        CMP #0          Nessun errore?
        BEQ WIN         Se no, il giocatore vince
```

Se viene riconosciuta una "vittoria", si verifica una ramificazione alla label WIN. Questo verrà descritto in seguito. Esaminiamo ora cosa succede nel caso di una sconfitta:

```
LOSE        JSR LIGHT        Mostra il numero di errori
```

Il numero di errori viene visualizzato accendendo il LED corrispondente. Ricordate che l'accumulatore era stato condizionato prima di entrare in questa routine e conteneva il valore di ERRS, cioè il numero di errori.

Successivamente viene eseguita una sequenza di otto note decrescenti. La sommità dello stack viene impiegata per contenere il numero rimanente di note da eseguire:

```
            LDA #9        Esegui otto note decrescenti
LOSELP      PHA           Salva A nello stack
            JSR PLAY      Esegui la nota
            PLA           Ri-memorizza A
```

Una volta che è stata eseguita una nota, viene decrementato di 1 il numero di note da eseguire e si esegue il test per "0":

```
            SEC           Poni ad 1 il carry
                          (per la sottrazione)
            SBC #1        Sottrai uno
            BNE LOSELP
```

Esercizio 8-5: *Notate come la sommità dello stack è stata impiegata come una locazione di scratch temporaneo. Siete in grado di suggerire un modo alternativo per ottenere lo stesso risultato senza impiegare lo stack?*

Esercizio 8-6: *Discutete i meriti relativi all'impiego dello stack rispetto all'impiego di altre tecniche per fornire locazioni di lavoro temporanee al programma. Esistono dei pericoli potenziali nell'impiego dello stack?*

Vengono eseguite otto note successive. Quindi si ha il reset a "0" delle due variabili di lavoro GESNO ed ERRS. Si verifica successivamente una ramificazione indietro all'inizio del programma:

```
            STA GESNO     Azzera le variabili
            STA ERRS
            BEQ KEY       Accetta la successiva sequenza
                          di tentativo
```

Esaminiamo ora cosa succede in una situazione di vittoria. Tutti i LED sulla Scheda Giochi vengono accesi contemporaneamente:

```
WIN     LDA #$FF      È una vittoria: accendi tutti i
                      LED
        STA PORT1A
        STA PORT1B
```

Successivamente viene eseguita una sequenza di otto note crescenti. Il numero della nota viene memorizzato nell'accumulatore e verrà impiegato come indice dalla subroutine PLAY per generare una nota appropriata. Come prima, viene impiegata la sommità dello stack per fornire la memoria di lavoro:

```
        LDA #1        A sarà incrementato fino a 9
WINLP   PHA           Salva A sullo stack
        JSR PLAY
        PLA
```

Viene quindi incrementato di uno il numero di note che sono state eseguite e si esegue il confronto con il valore massimo 9:

```
        CLC           Azzera carry per l'addizione
        ADC #01
        CMP #10
```

Finchè non viene raggiunto il massimo pari a 9, si verifica una ramificazione indietro alla label WINLP:

```
        BNE WINLP
```

Altrimenti, si inizia un nuovo gioco:

```
        BEQ STRTJP    Doppio salto per restart
```

Questo completa la descrizione del programma principale. Questo programma impiega tre subroutine, che verranno ora descritte.

Le Subroutine

Subroutine LIGHT

Questa subroutine assume che l'accumulatore contenga il numero del LED da accendere. La subroutine accende il LED appropriato sulla Scheda Giochi. Si otterrà questo risultato scrivendo un "1" nella posizione corretta dell'accumulatore e quindi inviando il contenuto alla porta d'uscita corretta. Si può usare sia la Porta 1A (per i LED da 1 a 8), sia la Porta 1B (per il LED 9). Il bit "1" viene scritto nella posizione

corretta dell'accumulatore mediante l'esecuzione di una sequenza di scorrimenti. Il numero di scorrimenti è uguale alla posizione del LED da accendere. Come contatore di scorrimenti viene impiegato il registro indice Y. Il numero del LED da accendere viene salvato nello stack all'inizio della subroutine e sarà rispristinato all'uscita. Notate che questo è un modo classico per preservare i contenuti di un registro essenziale durante l'esecuzione della subroutine, cosicchè i contenuti dell'accumulatore saranno invariati all'uscita della subroutine. In caso contrario il programma chiamante dovrebbe aver preservato esplicitamente i contenuti dell'accumulatore prima della chiamata della subroutine LIGHT. Quindi dovrebbe averli ricaricati nell'accumulatore prima dell'impiego di un'altra routine, quale la PLAY. Poichè le subroutine LIGHT e PLAY sono normalmente impiegate in sequenza, è molto più efficiente affidare alla responsabilità della subroutine il salvataggio dei contenuti dell'accumulatore. Eseguiamolo:

```
LIGHT     PHA              Salva A
```

Viene quindi predisposto il contatore di scorrimenti:

```
          TAY              Impiega Y come contatore
                           di scorrimenti
```

e l'accumulatore viene inizializzato a "0":

```
          LDA #0           Azzera A
```

Il LED 9 viene spento nel caso fosse acceso:

```
          STA PORT1B
```

Viene quindi implementato il ciclo di scorrimento. Il bit carry viene inizialmente posto ad "1" e sarà fatto scorrere a sinistra nell'accumulatore il numero di volte necessario:

```
          SEC              Poni ad "1" il carry
LTSHFT    ROL A
          DEY
          BNE LTSHFT
```

La struttura di bit corretta è ora contenuta nell'accumulatore e viene visualizzata sulla Scheda Giochi:

```
          STA PORT1A
```

Comunque, si può verificare un'eccezione: se il LED 9 è stato specificato, i contenuti dell'accumulatore a questo punto sono "0" ma il bit carry è stato posto ad "1" dall'ultimo scorrimento. Questo caso può essere rivelato mediante:

```
        BCC LTCC        È posto ad "1" il bit 9?
```

Se ci si trova in questa situazione, l'accumulatore deve essere posto al valore "00000001", che viene inviato alla Porta d'uscita 1B:

```
        LDA #1
        STA PORT1B      Accendi il LED 9
```

Infine usciamo dalla routine senza dimenticare di ripristinare l'accumulatore dallo stack dove era stato salvato:

```
LTCC    PLA             Rimemorizza A
        RTS
```

Esercizio 8-7: *Elencate i registri distrutti o alterati da questa subroutine ogni volta che essa viene eseguita.*

Esercizio 8-8: *Assumete che il registro Y debba rimanere invariato al ritorno da questa subroutine. Quali sono le variazioni necessarie al programma, se esistono?*

Subroutine RANDOM

Questa subroutine genera un nuovo numero casuale e rinvia il suo valore in A. Il suo funzionamento è già stato descritto al Capitolo 4.

Subroutine PLAY

Normalmente questa subroutine eseguirà la nota corrispondente al numero contenuto nell'accumulatore. Opzionalmente essa può essere caricata alla locazione di memoria PLYTON e quindi viene eseguita la nota corrispondente alla frequenza impostata dall'accumulatore e corrispondente alla lunghezza specificata dai contenuti della locazione di memoria DUR. Esaminiamo questa subroutine.

Il registro indice Y viene impiegato come indice delle due tabelle richieste per determinare la durata e la frequenza della nota. In questo gioco possono essere eseguite fino a 9 note, corrispondenti ai LED ed ai tasti da 1 a 9. Inizialmente viene condizionato il registro indice Y:

```
PLAY    TAY        Usa la # nota come indice
        DEY        Decrementa al valore interno
```

Notate che il registro indice deve essere decrementato di uno. Questo perchè il tasto 1 corrisponde al numero d'ingresso 0 nella tabella, e così via. La durata e la frequenza vengono ottenute dalle tabelle DURTAB e NOTAB impiegando un modo di indirizzamento indicizzato. Esse vengono memorizzate rispettivamente alle locazioni DUR e FREQ:

```
        LDA DURTAB,Y   Accetta la durata
        STA DUR        Salvala
        LDA NOTAB,Y    Accetta la frequenza
PLYTON  STA FREQ       Salvala
```

L'altoparlante viene quindi posto off:

```
        LDA #0
        STA PORT3B     Setta la Porta 3B per
                       l'altoparlante
```

Verranno ora implementati due cicli. Un ciclo interno impiegherà il registro Y come contatore di ritardo per implementare la frequenza corretta della nota.
Il registro X verrà impiegato nel ciclo esterno e genererà la nota per la durata corretta.

Condizioniamo i due registri contatori:

```
        LDX DUR        Accetta la durata in # di 1/2
                       cicli
FL2     LDY FREQ       Accetta la frequenza
```

Successivamente implementiamo il ritardo del ciclo interno:

```
FL1     DEY
        CLC            Consuma tempo
        BCC * + 2
        BNE FL1        Ciclo di ritardo
```

Notate che le due istruzioni di pausa sono state poste all'interno del ciclo per generare un ritardo più lungo. Alla fine di questo ciclo di ritardo interno, i contenuti della porta d'uscita connessa all'altoparlante sono complementati in modo da generare un'onda quadra.

```
        EOR #$FF       Complementa la porta
```

Notate che, ancora una volta, EOR #$FF viene impiegata per complementare i contenuti di un registro.

```
        STA PORT3B
```

Viene quindi completato il ciclo esterno:

```
        DEX
        BNE FL2          Ciclo esterno
        RTS
```

SOMMARIO

Questo programma dimostra quanto sia semplice implementare da tastiera un gioco elettronico che esegua dei suoni come ingresso/uscita e sfidi i giocatori.

Esercizio 8-9: *Le costanti di durata e di frequenza delle nove note sono mostrate in Fig. 8.6. Quali sono le frequenze effettive generate dal programma?*

NOTA	COSTANTE DI FREQUENZA	COSTANTE DI DURATA
1	C9	6B
2	BE	72
3	A9	80
4	96	8F
5	8E	94
6	7E	AA
7	70	BF
8	64	D7
9	5E	E4

Figura 8.6: Costanti di frequenza e durata

CAPITOLO 9

MINDBENDER

LE REGOLE

Questo gioco è ispirato da quello commerciale MasterMind (Marchio registrato dal produttore, Invicta Plastics, Ltd.). In questo gioco uno o più giocatori competono con il computer (e tra di loro). Il computer genera una sequenza di digit (cifre) - per esempio una sequenza di cinque digit tra "0" e "9" - ed il giocatore tenta di indovinare la sequenza dei cinque numeri in ordine corretto. Il computer risponde al giocatore comunicandogli il numero di digit indovinati e la loro posizione nella sequenza numerica.

I LED da 1 a 9 sulla Scheda Giochi vengono impiegati per visualizzare il responso del computer. Un LED lampeggiante viene impiegato per indicare che il tentativo del giocatore contiene un digit corretto nella posizione esatta della sequenza. Un LED sempre acceso viene impiegato per indicare un digit indovinato ma non in sequenza. Diversi giocatori possono confrontare tra loro la propria abilità. Per un prefissato livello di difficoltà - diciamo per indovinare una sequenza di sette digit - risulta vincitore quel giocatore che riesce ad indovinare correttamente la sequenza di numeri con il minor numero di tentativi.

Il gioco può anche essere eseguito con handicap (svantaggio) in cui un giocatore deve indovinare una sequenza di n digit, mentre l'avversario deve indovinare una sequenza di soli n-1 digit. Questo è un notevole svantaggio, poichè l'aumento di uno del livello di difficoltà è abbastanza significativo.

UNA GIOCATA TIPICA

Per eseguire questo gioco viene impiegata sia la retroazione sonora che visiva.

La retroazione sonora

Ogni volta che un giocatore ha introdotto la sua sequenza di tentativi, il computer risponde eseguendo un suono specifico. Un suono basso indica un tentativo non corretto; uno alto che la sequenza è corretta.

La retroazione visiva

All'inizio di ciascun gioco, è acceso il LED # 10, che indica la richiesta della lunghezza della sequenza da indovinare. Questo è mostrato in Fig. 9.1. Il giocatore quindi specifica la lunghezza della sequenza con un numero da 1 a 9. Qualsiasi altro ingresso verrà ignorato.

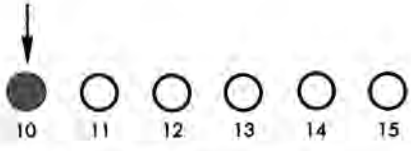


Figura 9.1: Carica la lunghezza della sequenza

Non appena la lunghezza è stata specificata, per esempio supponiamo sia stata selezionata la lunghezza "2", si accende il LED # 11. Questo significa "introduci il tuo tentativo". (Vedere Fig. 9.2). A questo punto il giocatore carica la sua sequenza di tentativo di due digit. Eseguiamo ora un gioco.

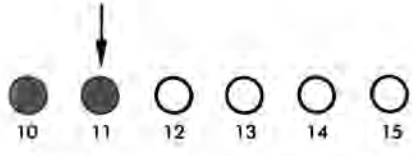


Figura 9.2: Caricate il vostro tentativo

Il giocatore batte la sequenza "1,2". Viene eseguito un suono basso, i LED 10 ed 11 vengono spenti per un breve periodo ma non succede nient'altro. La situazione è indicata in Fig. 9.3. Poichè i LED da 1 a 9 non sono accesi, non esiste alcuna cifra (digit) corretta nel tentativo. I digit "1" e "2" devono essere eliminati. Eseguiamo un altro tentativo.

Battiamo "3,4". Viene eseguito un suono basso ma questa volta il

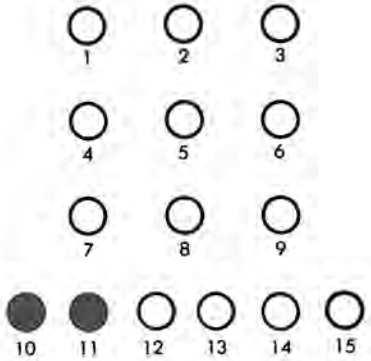


Figura 9.3: Il giocatore carica un tentativo errato

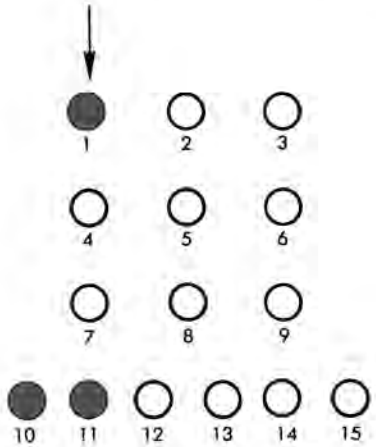


Figura 9.4: Un digit corretto nella posizione corretta

LED # 1 rimane acceso in modo continuo, come indicato in Fig. 9.4. Da questo deduciamo che il "3" oppure il "4" è una cifra corretta ma si trova nella posizione sbagliata. Inversamente, la sequenza "4,3" deve avere un digit corretto nella posizione corretta. Per sicurezza eseguiamo un test. Battiamo "4,3". Viene eseguito un suono basso, indicante che la sequenza non è corretta, ma questa volta il LED # 1 è acceso e lampeggia. Questo dimostra che il nostro ragionamento è corretto, e procediamo.

Ora proviamo "4,5". Viene eseguito un suono di altezza elevata ed i

LED 1 e 2 si accendono brevemente, indicando che le cifre sono state indovinate correttamente e che abbiamo vinto il nostro primo gioco.

Alla fine del gioco, la situazione ritorna a quella iniziale, come indicato in Fig. 9.1. Notate che battendo un valore diverso da 1 a 9 al posto di un tentativo si ha il restart del gioco.

Esiste una peculiarità del gioco: se il numero del tentativo contiene due digit identici ed il giocatore carica questo digit particolare in una delle due locazioni corrette, il computer risponderà indicando che si ha un digit giusto nella posizione giusta ed un digit giusto nella posizione sbagliata!

L'ALGORITMO

La Fig. 9.5 riporta il diagramma di flusso del gioco Mindbender. Per eseguire il lampeggio dei LED vengono impiegati degli interrupt. Gli interrupt saranno generati automaticamente dal timer ad intervallo programmabile del VIA # 1 ad intervalli di circa 1/15 di secondo.

Con riferimento alla Fig. 9.5, vengono preliminarmente inizializzati tutti i registri e le locazioni di memoria richieste. Successivamente (blocco 2 del diagramma di flusso), viene letta dalla tastiera la lunghezza della sequenza da indovinare. Viene impiegato il test di ragionevolezza per "filtrare" da 1 a 9 l'ingresso del giocatore.

Successivamente deve essere generata una sequenza di numeri casuali. Nel blocco 3 del diagramma di flusso, viene generata una sequenza di numeri casuali, che viene memorizzata in una tabella di digit, con inizio all'indirizzo DIG0.

Nel blocco 5, la sequenza di numeri del computer viene confrontata - un numero alla volta - con il tentativo del giocatore. L'algoritmo accetta un digit dalla sequenza del computer e lo confronta con ogni digit della sequenza del giocatore. Come si è già visto, questo può generare l'accensione di due LED, se ci sono due o più digit identici nel numero da indovinare e se il giocatore ha specificato un solo digit. Un digit può trovarsi nella giusta posizione, mentre altri, pur essendo corretti possono trovarsi nella posizione errata.

Notate che, alternativamente, si potrebbe impiegare un altro algoritmo di confronto in cui ogni digit della sequenza del giocatore viene confrontato di volta in volta con ciascun digit della sequenza del computer.

Una volta che sono stati confrontati tutti i digit, viene visualizzato il punteggio risultante sui LED (blocco 6). Infine, si esegue un test per verificare se si tratta di una situazione vincente (blocco 7) e viene generato il suono opportuno (blocco 8).

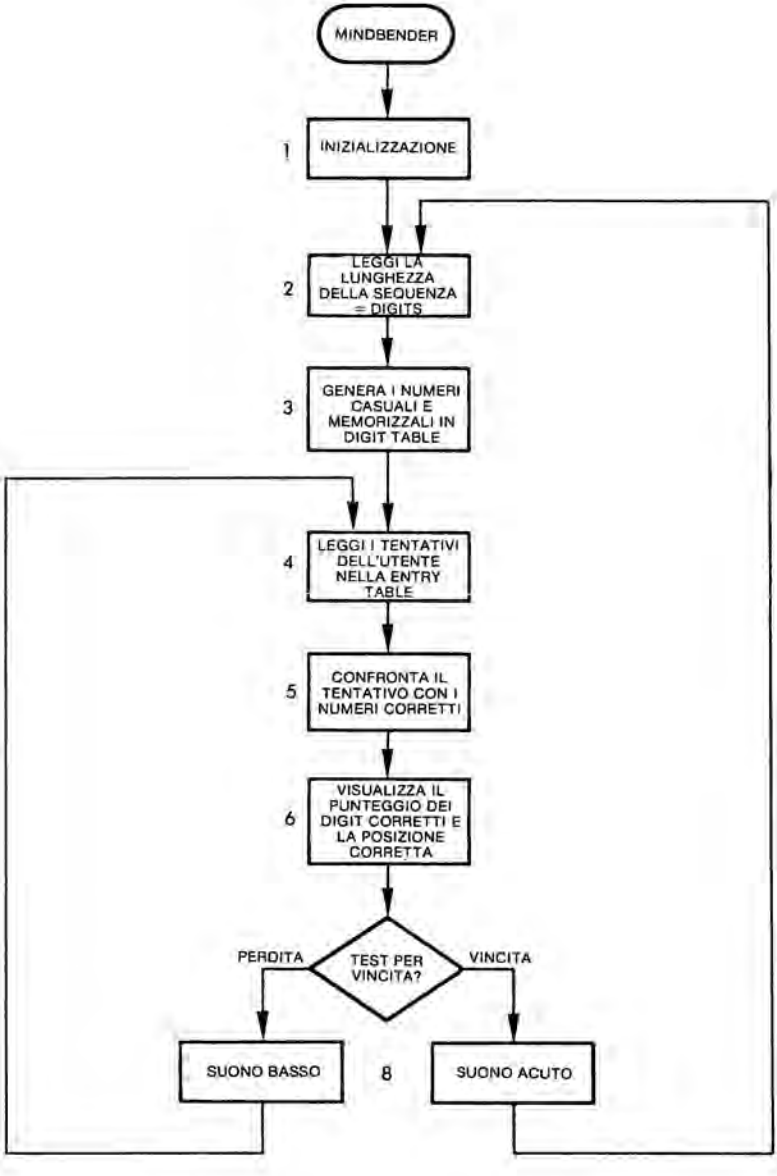


Figura 9.5: Diagramma di flusso del Mindbender

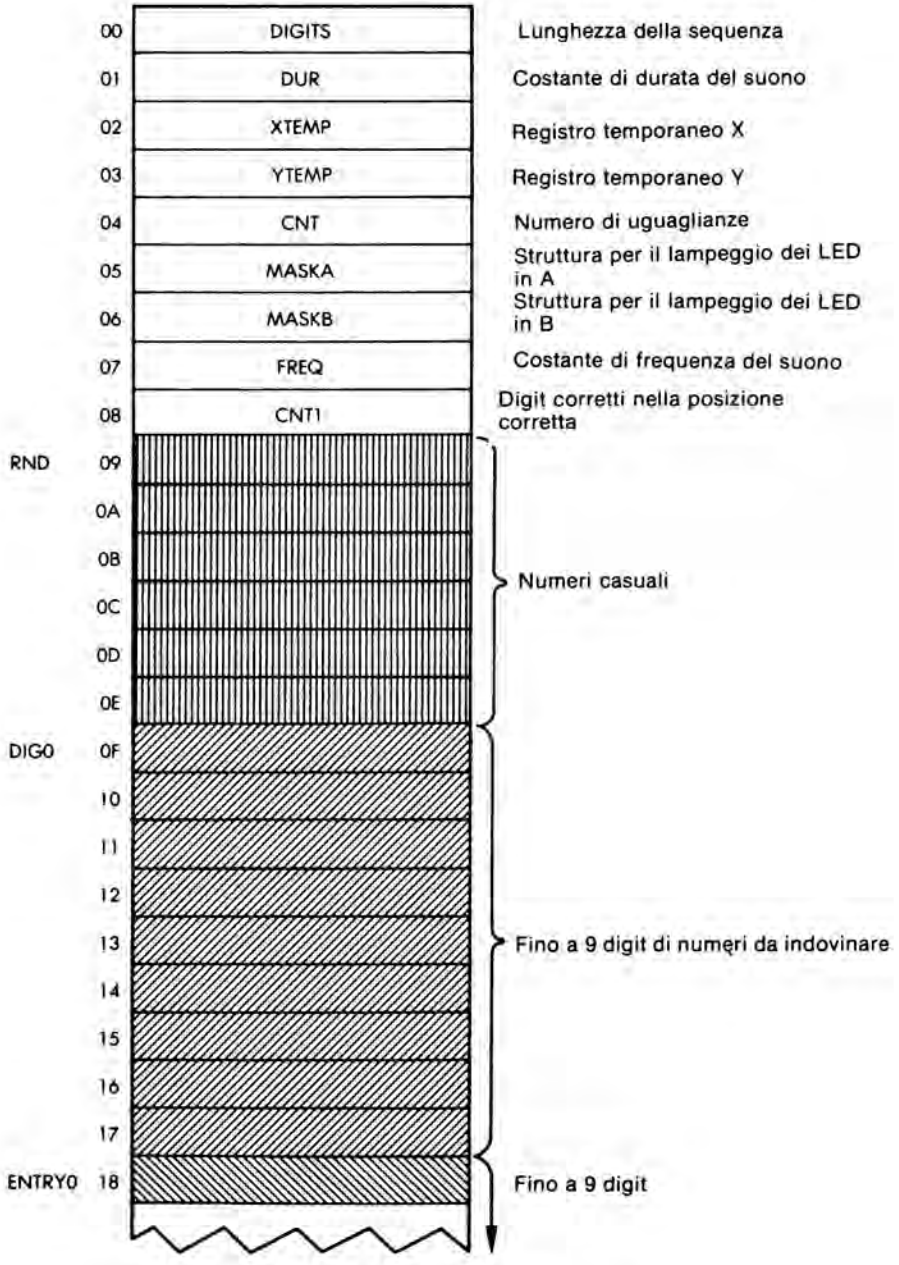


Figura 9.6: Mappa della memoria bassa

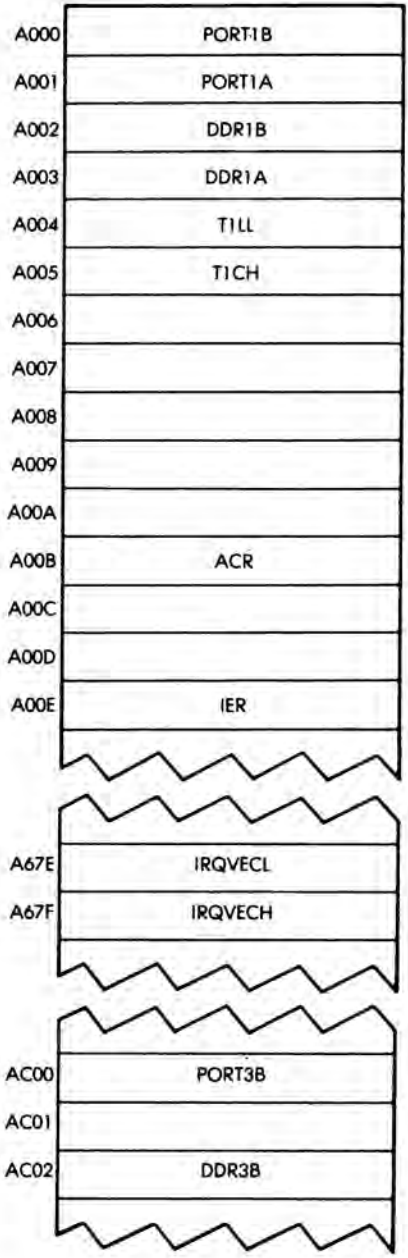


Figura 9.7: Mappa della memoria alta

IL PROGRAMMA

Strutture dei dati

Vengono impiegate due tabelle a nove ingressi per memorizzare, rispettivamente, la sequenza del computer e la sequenza del giocatore. Esse sono memorizzate a partire dagli indirizzi DIG0 e ENTRY0. (Vedere Fig. 9.6).

Le variabili

Come al solito, viene impiegata la pagina 0 per fornire i registri di lavoro addizionali, cioè per memorizzare le variabili di lavoro. L'impiego della pagina 0 è indicato come "mappa di memoria" in Fig. 9.6. Le prime nove locazioni vengono impiegate per le variabili del programma. La funzione di ciascuna variabile è indicata nell'illustrazione e sarà descritta in dettaglio in seguito nel corso dell'esame del programma. Le locazioni da "09" a "0E" sono riservate per la tabella di numeri casuali impiegata per generare i numeri casuali. Le locazioni da "0F" a "17" sono impiegate dalla tabella DIG0 per memorizzare la sequenza generata dal computer. Infine, le locazioni da "18" in poi sono impiegate per contenere la sequenza di digit caricata dall'utente.

La Fig. 9.7 mostra le locazioni di memoria impiegate per l'indirizzamento d'ingresso/uscita e per la vettorizzazione degli interrupt. Le locazioni da "A000" ad "A005" sono impiegate per indirizzare le Porte A e B del VIA # 1 come pure del timer T1. La Fig. 9.8 mostra la mappa di memoria di un 6522 VIA.

La locazione "A00B" viene impiegata per accedere al registro di controllo ausiliario, mentre la locazione "A00E" accede al registro di abilitazione interrupt. Per una descrizione dettagliata di questi registri si rimanda il lettore ad *Applicazioni del 6502* pure edito dal Gruppo Editoriale Jackson.

Le locazioni di memoria "A67E" ed "A67F" sono impiegate per predisporre il vettore d'interrupt. L'indirizzo di partenza della routine di manipolazione interrupt sarà memorizzato in questa locazione di memoria. Nel nostro programma questo indirizzo sarà "03EA". Questa è la routine che genera il lampeggio dei LED; essa verrà descritta in seguito. Infine la Porta 3 viene indirizzata alle locazioni di memoria "AC00" ed "AC02".

Implementazione del programma

La Fig. 9.9 riporta un diagramma di flusso dettagliato del programma

00	ORB (DA PB0 A PB7)	Dati di I/O, Porta A	
01	ORA (DA PA0 A PA7)	Impiegato per il controllo - Influenza handshake	
02	DDR B	Registri di direzione dati	
03	DDR A		
04	T1L-L/T1C-L	Contatore basso	Timer 1
05	T1C-H	Contatore alto	
06	T1L-L	Latch basso	
07	T1L-H	Latch alto	
08	T2L-L/T2C-L	Latch basso	Timer 2
09	T2C-H	Latch alto	
0A	SR	Registro di scorrimento	
0B	ACR	Ausiliari	Controllo di funzione
0C	PCR (CA1,CA2,CB2,CB1)	Periferiche	
0D	IFR	Flag	Controllo interrupt
0E	IER	Abilitazione	
0F	ORA	Uscita registro A (non influenza handshake)	

Figura 9.8: Mappa di memoria del 6522 VIA

Mindbender. Esaminiamo ora il programma stesso. (Vedere Fig. 9.13).

Il blocco di inizializzazione risiede agli indirizzi di memoria 0200 - 0239 esadecimali assieme alle locazioni di interrupt e di I/O. Innnanzi tutto vengono condizionati gli interrupt. Prima di modificare il vettore di interrupt che risiede agli indirizzi "A67E" ed "A67F" (vedere Fig. 9.7) deve essere autorizzato l'accesso a questa area di memoria protetta. Questo viene eseguito dalla subroutine ACCESS, che è una parte del SYM monitor:

```
JSR ACCESS
```

Successivamente, si può caricare il nuovo vettore d'interrupt alla locazione specifica. Il valore "03EA" viene caricato all'indirizzo IRQVEC:

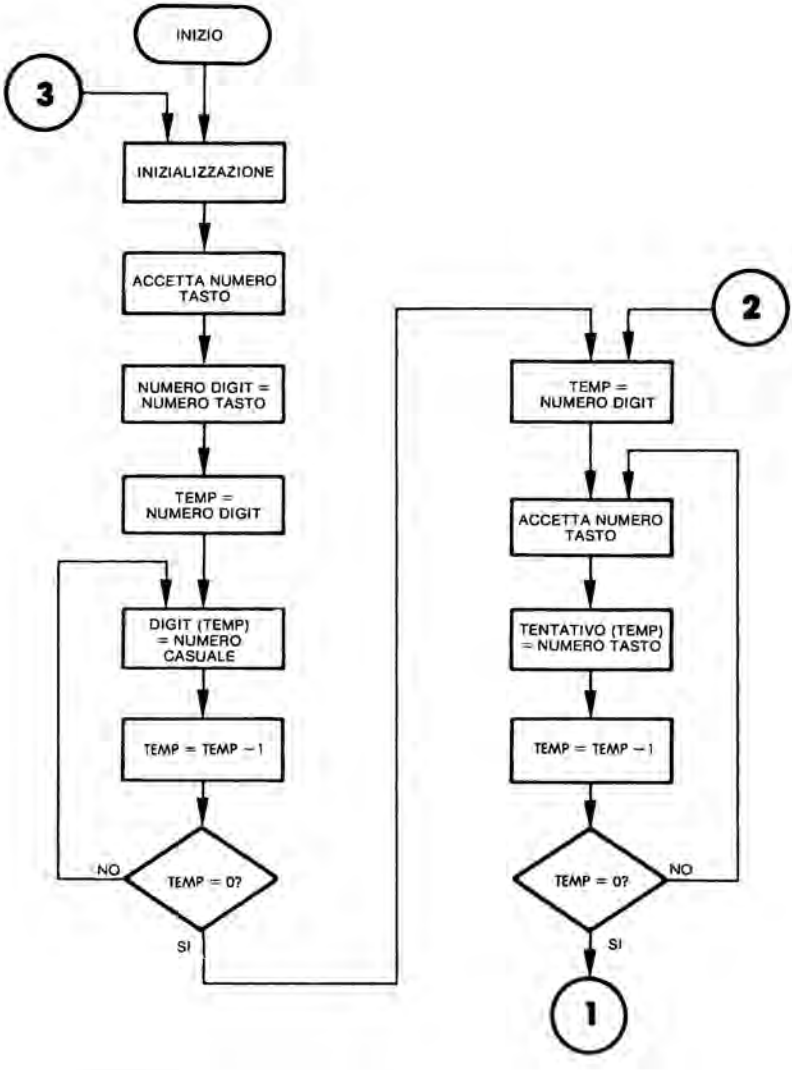


Figura 9.9: Diagramma di flusso dettagliato del Mindbender

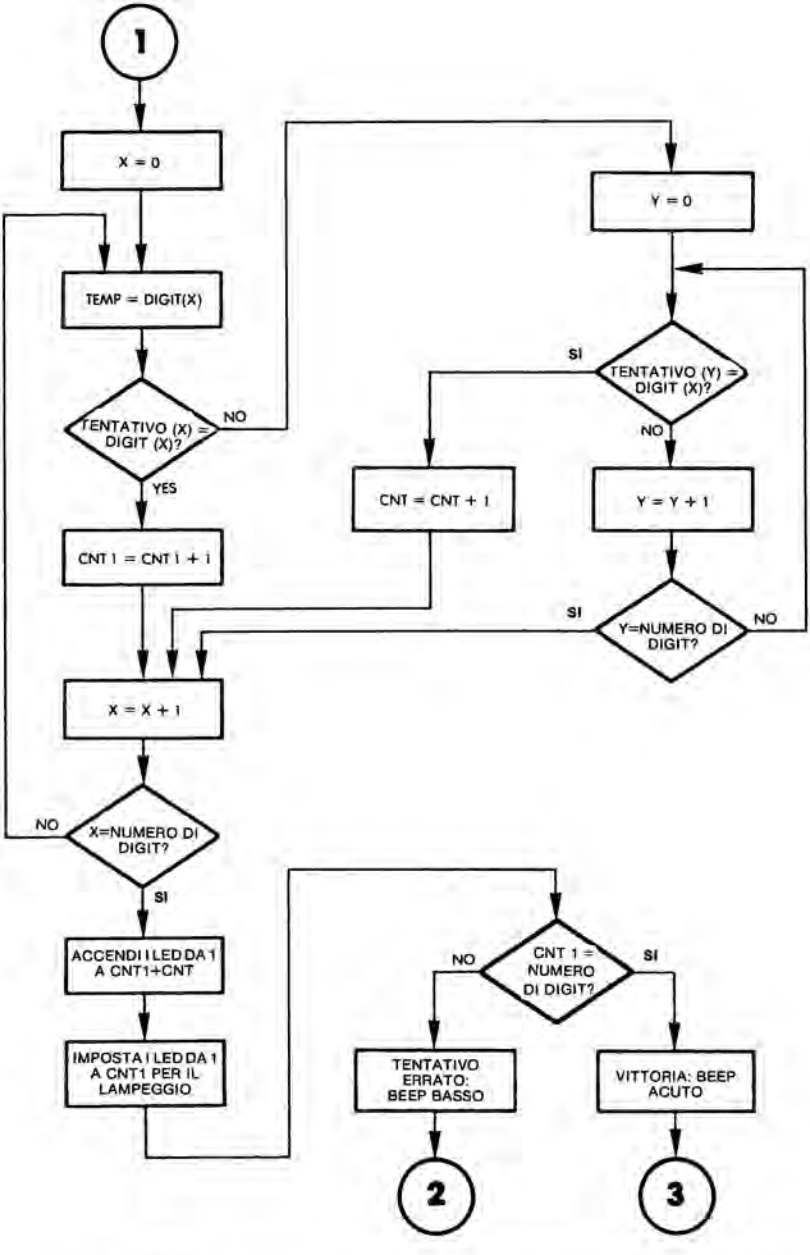


Figura 9.9: Diagramma di flusso dettagliato del Mindbender (continua)

```
LDA #$EA        Vettore d'interrupt basso
STA IRQVECL
LDA #$03        Vettore d'interrupt alto
STA IRQVECH
```

Ora occorre condizionare i registri interni del 6522 VIA # 1 in modo da predisporre gli interrupt. Il registro di abilitazione interrupt (IER) imporrà l'abilitazione o disabilitazione degli interrupt. Ogni posizione di bit in IER accoppia quella corrispondente nel registro del flag di interrupt (IFR). Ogni volta che una posizione di bit è "0", l'interrupt corrispondente è disabilitato. Il bit 7 di IER ha una ruolo particolare. (Vedere Fig. 9.10). Quando il bit 7 di IER è "0", ogni "1" nelle posizioni di bit rimanenti azzererà il corrispondente flag di abilitazione. Quando il bit 7 di IER è "1", ogni "1" scritto in IER si comporterà normalmente ed imposterà un'abilitazione. Quindi, tutti gli interrupt sono disabilitati ponendo il bit 7 a "0" e tutti i bit rimanenti di IER ad 1:

```
LDA #$7F
STA IER
```

Successivamente viene abilitato il bit 6, che corrisponde all'interrupt del timer 1. Per eseguire questo, il bit 7 di IER viene posto ad "1", come pure il bit 6:

```
LDA #$C0
STA IER
```

Successivamente il timer 1 sarà posto nel modo "free-running" (a corsa libera). Ricordate che, con il 6522, il timer può essere impiegato sia nel modo "one-shot" (un colpo) che nel modo "free-running". I bit 6 e 7 del registro di controllo ausiliario vengono impiegati per selezionare i modi operativi del timer 1. (Vedere Fig. 9.11). In questo caso, il bit 7 è posto a 0 ed il bit 6 a 1:

```
LDA #$40
STA ACR
```

Prima dell'impiego del timer nel modo d'uscita, il suo registro contatore deve essere caricato con un valore a 16 bit. Questo valore specifica la

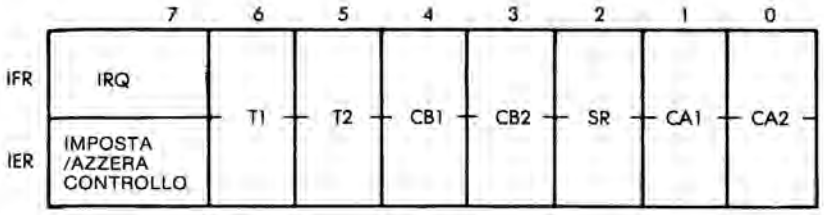


Figura 9.10: Registri di interrupt

durata dell'impulso ad onda quadra da generare. In questo caso viene impiegato il massimo valore "FFFF":

```
LDA #$FF
STA T1LL
STA TICH
```

La Fig. 9.12 mostra la forma d'onda reale proveniente dal timer 1. Per calcolare la durata esatta dell'impulso, notate che la durata dell'impulso si alternerà tra n + 1,5 cicli ed n + 2 cicli, essendo n il valore caricato inizialmente nel registro contatore.

Successivamente vengono abilitati gli interrupt:

```
CLI
```

e le tre porte impiegate da questo programma sono configurate nella

ACR7 ABILITA-ZIONE D'USCITA	ACR6 ABILITA-ZIONE D'INGRESSO	MODO
0	0 (ONE-SHOT)	GENERA TIME OUT INT QUANDO T1 VIENE CARICATO IN PB7 DISABILITATA
0	1 (FREE RUN)	GENERA INT CONTINUI SU PB7 DISABILITATA
1	0 (ONE-SHOT)	GENERA INT ED IMPULSO D'USCITA SU PB7 OGNI VOLTA CHE T1 VIENE CARICATO = ONE-SHOT ED IMPULSO DI LARGHEZZA PROGRAMMABILE
1	1 (FREE RUN)	GENERA INT CONTINUI ED USCITA AD ONDA QUADRA SU PB7

Figura 9.11: Il registro di controllo ausiliario del 6522 seleziona i modi di funzionamento del timer 1

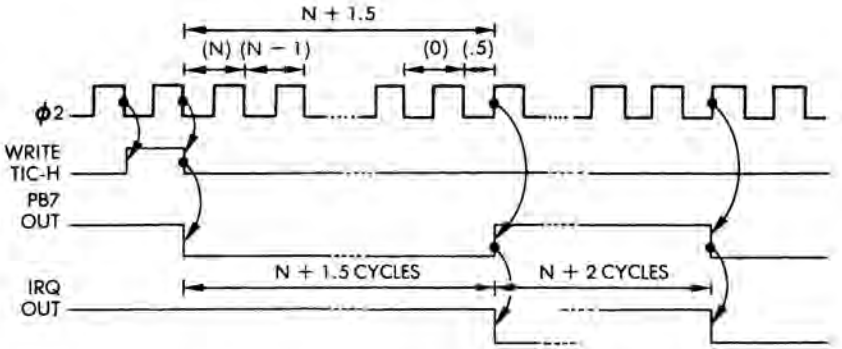


Figura 9.12: Il timer 1 funziona nel modo Free Running

direzione appropriata:

```
        STA DDR1A       Uscita
        STA DDR1B       Uscita
        STA DDR3B       Uscita
```

Tutti i LED vengono quindi spenti:

```
KEY1    LDA #0
        STA PORT1A
        STA PORT1B
```

e le maschere di lampeggio sono inizialmente poste a tutti 0:

```
        STA MASKA
        STA MASKB
```

Il LED 10 viene ora acceso per segnalare al giocatore che deve specificare il numero di digit da indovinare:

```
        LDA #%00000010  Scegli il LED 10
        STA PORT1B      Commutalo in on
```

Il tasto premuto viene letto impiegando la solita routine GETKEY:

```
        JSR GETKEY      Accetta il # di digit
```

A questo punto viene implementato un filtro software. Il valore del tasto letto dalla tastiera viene convalidato se cade nella gamma da "1" a "9". Se esso è maggiore di 9, oppure inferiore ad 1, l'ingresso viene ignorato:

```
CPM #10
BPL KEY1
CMP #0
BEQ KEY1
```

Una volta convalidata, la lunghezza specificata dalla sequenza viene memorizzata alla locazione di memoria DIGITS:

```
STA DIGITS
```

A questo punto deve essere generata una sequenza di numeri casuali.

Generazione di una sequenza di numeri casuali

Il numero casuale iniziale viene ottenuto dal contatore ed impiegato per avviare il generatore di numeri casuali. La teoria alla base di questa tecnica è stata precedentemente descritta.

Le locazioni RND + 1, RND + 4 ed RND + 5 vengono caricate con lo stesso numero:

```
LDA TILL
STA RND + 1
STA RND + 4
STA RND + 5
```

Quindi si ottiene un numero casuale impiegando la subroutine RANDOM:

```
        LDY DIGITS      Accetta il # di digit
                        da indovinare
        DEY             Conteggio fino a 0
RAND    JSR RANDOM      Riempili con i valori
```

Il numero casuale risultante viene posto ad un valore BCD che garantisce che l'ultimo digit sarà compreso tra 0 e 9:

```
SED
ADC #00         Aggiustamento decimale
CLD
```

Esso viene quindi troncato ai quattro bit inferiori:

```
AND #$00001111
```

Una volta che è stato ottenuto il digit casuale, viene salvato nella locazione successiva della tabella dei digit, impiegando il registro indice Y come puntatore corrente:

```
STA DIG0,Y
```

Il contatore Y viene quindi decrementato ed il ciclo viene eseguito fino a che sono stati generati tutti i digit richiesti:

```
DEY
BPL RAND
```

Raccolta dei tentativi del giocatore

Il registro indice X servirà come puntatore corrente per la tabella ENTRY impiegata per raccogliere i tentativi del giocatore. Esso viene inizializzato al valore "0" e memorizzato alla locazione di memoria XTEMP:

```
EXTRA   LDA #0          Azzera il puntatore
        STA XTEMP
```

Vengono quindi accesi i LED 10 ed 11 per segnalare al giocatore che può caricare la propria sequenza:

```
LDA #$00000110
STA PORT1B
```

Il tasto premuto dal giocatore viene letto mediante la solita routine GETKEY:

```
KEY2    JSR GETKEY
```

Se il tasto premuto è maggiore di 9, esso viene interpretato come una richiesta di ri-inizializzazione del gioco:

```
CMP #10
BPL KEY1
```

Altrimenti viene recuperato dalla locazione di memoria XTEMP il valore del registro indice e viene impiegato per eseguire la memorizzazione indicizzata dell'accumulatore nella locazione appropriata della tabella ENTRY:

```
LDX XTEMP
STA ENTRY0,X      Memorizza il tentativo in
                  tabella
```

Il puntatore corrente viene quindi incrementato e ri-memorizzato in memoria:

```
INX
STX XTEMP
```

Quindi, il valore del puntatore corrente viene confrontato con il numero massimo di digit da prelevare dalla tastiera e, finchè non viene raggiunto questo numero, il ciclo continua ritornando indietro alla locazione KEY2:

```
CPX DIGITS        Prelevati tutti i numeri?
BNE KEY2          Se no, accettane un altro
```

Una volta che il giocatore ha introdotto la propria sequenza, i digit devono essere confrontati con la sequenza generata dal computer. In previsione della visualizzazione di una possibile vincita i LED della scheda vengono spenti e le maschere azzerate:

```
LDX #0
STX PORT1A
STX PORT1B
STX MASKA
STX MASKB
```

Due locazioni della memoria saranno impiegate per contenere il numero di digit corretti ed il numero di digit corretti nella locazione corretta. Queste locazioni vengono inizialmente azzerate:

```
STX CNT           Numero di uguaglianze
STX CNT1          Numero di digit corretti
```

Ciascun ingresso della tabella DIG0 verrà ora confrontato con tutti gli ingressi della tabella ENTRY0. Ogni digit viene caricato dalla tabella

DIGIT e confrontato immediatamente con i contenuti corrispondenti in ENTRY:

```
DIGLP     LDA DIG0,X
          CMP ENTRY0,X
```

Se non era il digit corretto al posto corretto, non c'è uguaglianza. Quindi controlleremo se il digit appare in qualche altra posizione all'interno della tabella ENTRY:

```
          BNE ENTRYCMP
```

Altrimenti, viene registrata un'uguaglianza incrementando la locazione CNT1 e viene esaminato il digit successivo:

```
          INC CNT1
          BNE NEXTDIG
```

Esaminiamo ora cosa succede quando non si verifica alcuna uguaglianza. Il digit (del numero da indovinare) che è stato appena letto ed è contenuto nell'accumulatore dovrebbe essere confrontato con ogni digit della tabella ENTRY. Il registro indice Y viene impiegato come puntatore corrente ed i contenuti dell'accumulatore sono confrontati a ciascuno dei digit di ENTRY:

```
ENTRYCMP  LDY #0
ENTRYLP   CMP ENTRY0,Y
          BNE NEXTENT
```

Se si trova un'uguaglianza, la locazione di memoria CNT viene incrementata e viene esaminato il digit successivo:

```
          INC CNT
          BNE NEXTDIG
```

Altrimenti viene incrementato il registro indice Y. Se è stata raggiunta la fine della sequenza, si esce a NEXDIG. Altrimenti si verifica una ramificazione indietro all'inzio del ciclo alla locazione ENTRYLP:

```
NEXTENT   INY                Incrementa il puntatore del #
                             di tentativo
```

```
            CPY DIGITS      Tutti controllati?
            BNE ENTRYLP     No: prova il successivo
```

Deve essere quindi esaminato il digit successivo nella tabella DIG. Il puntatore corrente di DIG è contenuto nel registro indice X. Esso viene incrementato e confrontato con il suo valore massimo:

```
NEXTDIG     INX             Incrementa il puntatore del #
                            di digit
            CPX DIGITS      Controllati tutti i digit
```

Se il limite non è stato raggiunto, si ha una ramificazione indietro all'inizio del ciclo esterno alla locazione DIGLP:

```
            BNE DIGLP
```

A questo punto siamo pronti per accendere i LED che visualizzano il risultato al giocatore.

Visualizzazione del risultato al giocatore

Il numero totale di LED che devono essere accesi viene ottenuto sommando i contenuti di CNT a CNT1:

```
            CLC             Accetta il via per la somma
            LDA CNT
            ADC CNT1
```

Il totale è contenuto nell'accumulatore e trasferito nel registro indice Y dove sarà utilizzato dalla routine LITE:

```
            TAY
            JSR LITE
```

Il funzionamento della routine LITE verrà descritto in seguito. Il suo effetto è di riempire l'accumulatore con il numero appropriato di uni in modo da accendere i LED corretti.

La struttura creata dalla subroutine LITE viene quindi memorizzata nella maschera:

```
            STA PORT1A
```

Per il caso particolare in cui il risultato è 9, il bit carry sarà posto ad 1. Questo caso viene controllato esplicitamente:

```
        BCC CC          Se carry è 0, non accendere
                        PB0.
```

e, se il carry è stato posto ad 1, la Porta B sarà posta in modo tale che il LED # 9 sia acceso:

```
        LDA #1          Accendi PB0
        STA PORT1B
```

Ricordate che, una volta che le maschere A e B sono state predisposte, esse verranno usate automaticamente dalla routine di manipolazione interrupt che genererà il lampeggio dei LED appropriati:

```
CC      LDY CNT1
        JSR LITE
        STA MASKA
        BCC TEST
        LDA #01
        STA MASKB
```

Il programma a questo punto deve eseguire il test per vedere se si tratta di una situazione di vittoria o di sconfitta.

Controllo situazione di vincita o di perdita

Il numero di digit corretti nella posizione corretta è contenuto in CNT1. Confronteremo semplicemente questo valore con la lunghezza della sequenza da indovinare:

```
TEST    LDX CNT1
        CPX DIGITS
```

Se questi numeri sono uguali, il giocatore ha vinto:

```
        BEQ WIN
```

Altrimenti viene eseguito un suono basso. La costante di durata del suono è posta a "72" ed il suo valore di frequenza a "BE":

```
BAD     LDA #$72
        STA DUR
        LDA #$BE
```

Per generare il suono verrà quindi impiegata la subroutine TONE, come al solito:

```
        JSR TONE
```

Quindi si verifica un ritorno all'inizio del programma:

```
        BEQ ENTER
```

Se si è verificata una vittoria, verrà generato un suono di elevata intensità. La sua costante di durata è posta ad "FF" e la sua intensità è controllata ponendo la sua costante di frequenza a "54":

```
WIN     LDA #$FF
        STA DUR
        LDA #$54
```

Come al solito, per generare il suono viene impiegata la subroutine TONE:

```
        JSR TONE
```

Il gioco viene quindi ri-inizializzato:

```
        JMP KEY1
```

Le subroutine

Questo programma impiega quattro subroutine. Queste sono: LITE, RANDOM, TONE ed INTERRUPT HANDLER. Le subroutine RANDOM e TONE sono già state descritte ai capitoli precedenti e non verranno considerate in questa sede.

Subroutine LITE

All'ingresso in questa subroutine, il registro indice Y contiene il numero dei LED che dovrebbero lampeggiare. Per farli lampeggiare è

necessario caricare opportunamente le configurazioni a maschera chiamate MASKA e MASKB. In queste due locazioni deve essere caricato il numero appropriato di uni. Preliminarmente viene eseguito un test per vedere se in Y è contenuto il valore "0". Se si trova questo valore, l'accumulatore viene azzerato, come pure il bit carry (che verrà impiegato come indicatore del fatto che Y contiene il valore 9):

```
LITE        BNE STRTSH      Test di Y per zero
            LDA #0
            CLC
            RTS
```

Altrimenti l'accumulatore viene inizialmente azzerato ed il numero appropriato di uni viene fatto scorrere a sinistra nell'accumulatore stesso attraverso il bit carry. Gli uni vengono caricati uno alla volta ponendo ad uno il bit carry e quindi eseguendo uno scorrimento a sinistra in A. Ogni volta il registro indice Y viene decrementato ed il ciclo viene ri-eseguito finchè Y non è "0":

```
            LDA #0
SHIFT       SEC
            ROL A           Scorrimento in posizione
            DEY
            BNE SHIFT       Ciclo
            RTS
```

Notate che viene impiegata una rotazione a sinistra anzichè uno scorrimento. Se Y non contiene il valore "9", l'accumulatore A dovrebbe essere riempito con uni ed il carry dovrebbe contenere il valore "1" all'uscita dalla subroutine.

Il manipolatore di interrupt

Questa subroutine complementa i LED ogni volta che viene ricevuto un interrupt, cioè ogni volta che si ha il segnale dal timer 1. Essa è localizzata in memoria agli indirizzi "03EA" e successivi. Poichè l'accumulatore è impiegato come registro di lavoro dalla subroutine, all'atto dell'ingresso esso deve essere preservato e spinto nello stack:

```
            PHA
```

I contenuti delle Porte 1A ed 1B saranno letti e quindi complementati.

Ricordate che non esiste un'istruzione di complemento nel 6502, e quindi al suo posto verrà impiegata un'operazione di OR inclusivo. MASKA e MASKB specificano i bit che devono essere complementati:

```
LDA PORT1A
EOR MASKA
STA PORT1A
LDA PORT1B
EOR MASKB
STA PORT1B
```

Inoltre ricordate che il bit di interrupt del 6522 deve essere esplicitamente azzerato dopo ogni interrupt. Questo viene eseguito leggendo il latch:

```
LDA T1LL
```

Infine viene ripristinato l'accumulatore e si ha il ritorno al programma principale:

```
PLA
RTI
```

SOMMARIO

In questo programma abbiamo impiegato due nuove risorse hardware del chip di I/O 6522: il controllo di interrupt ed il temporizzatore ad intervallo programmabile. Gli interrupt sono stati impiegati per implementare elaborazioni contemporanee di lampeggio dei LED mentre il programma procede, verificando una situazione di vittoria o sconfitta.

Esercizio 9.1: *Siete in grado di implementare lo stesso programma senza l'impiego di interrupt?*

```
; PROGRAMMA MINDBENDER ESECUZIONE DEL GIOCO MINDBEN-
;  DER: L'UTENTE SPECIFICA LA LUNGHEZZA DEL NUMERO DA INDO-
; VINARE, QUINDI INDOVINA I DIGIT ED IL COMPUTER RISPONDE IN-
; DICANDO QUANTI DIGIT ERANO CORRETTI, QUELLI NON CORRETTI
; E LE RELATIVE POSIZIONI, FINCHÉ IL GIOCATORE PUO' INDOVINA-
; RE. SULLA SCHEDA, I LED LAMPEGGIANTI INDICANO IL DIGIT COR-
; RETTI, I LED NON LAMPEGGIANTI INDICANO IL DIGIT CORRETTO
; MA CON POSIZIONE ERRATA. LA RIGA IN BASSO DI LED VIENE IMPIE-
; GATA PER VISUALIZZARE IL MODO DEL PROGRAMMA: SE È ACCESO
; IL LED DI ESTREMA SINISTRA, IL PROGRAMMA ATTENDE CHE
; L'UTENTE CARICHI LA LUNGHEZZA DEL NUMERO DA INDOVINARE.
; SE SONO ACCESI I DUE LED DI ESTREMA SINISTRA, IL PROGRAMMA
; ATTENDE UN TENTATIVO. IL PROGRAMMA RESPINGE I VALORI NON
; CORRETTI PER LA LUNGHEZZA DEL NUMERO, CHE POSSONO ESSE-
; RE SOLO DA 1 A 9. UN VALORE DI TENTATIVO DIVERSO DA 0-9, RI-INI-
; ZIALIZZA IL GIOCO. UN SUONO BASSO INDICA UN TENTATIVO ER-
; RATO, UN SUONO ALTO UNA VINCITA DOPO UNA VINCITA, IL PRO-
; GRAMMA SI RI-INIZIALIZZA. PER IL LAMPEGGIO DEI LED VIENE IM-
; PIEGATA UNA ROUTINE DI INTERRUPT.
;
          = $ 200
GETKEY    = $ 100
ACCESS    = $ 8B86          ; ROUTINE DELLA MEMORIA DI SISTEMA
                            ; NON PROTETTA
DIGITS    = $ 00            ; NUMERO DI DIGIT DA INDOVINARE
DUR       = $ 01            ; COSTANTE DI DURATA DEL SUONO
XTEMP     = $ 02            ; MEMORIA TEMPORANEA PER IL REG. X.
XTEMP     = $ 03            ; MEMORIA TEMPORANEA PER IL REG. Y.
CNT       = $ 04            ; CONSERVA TRACCIA DEL # DI
                            ; UGUAGLIANZE
MASKA     = $ 05            ; CONTIENE LA STRUTTURA PER L'EOR
                            ; DEI LED
                            ; REGISTRO DI STATO A PER IL
                            ; LAMPEGGIO
MASKB     = $ 06            ; MASCHERA DI LAMPEGGIO DEI LED
                            ; DELLA PORTA B
FREQ      = $ 07            ; MEMORIZZAZIONE TEMPORANEA PER LA
                            ; FREQUENZA DEL SUONO
CNT1      = $ 08            ; # DI DIGIT CORRETTI IN POSIZIONE
                            ; CORRETTA
RND       = $ 09            ; PRIMA LOCAZIONE DEI NUMERI CASUALI
DIGO      = $ 0F            ; PRIMA DELLE 9 LOCAZIONI DEI DIGIT
ENTRY0    = $ 18            ; PRIMA DELLE 9 LOCAZIONI
                            ; DEI TENTATIVI
IRQVECL   = $ A67E          ; BYTE DI BASSO ORDINE DEL
                            ; VETTORE DI INTERRUPT
IRQVECH   = $ A67F          ; ....E DI ORDINE ELEVATO
                            ; REGISTRI DEL 6522 VIA #1:
IER       = $ A00E          ; REGISTRO ABILITAZIONE INTERRUPT
ACR       = $ A00B          ; REGISTRO DI CONTROLLO AUSILIARIO
T1LL      = $ A004          ; LATCH BASSO DEL TIMER 1
T1CH      = $ A005          ; CONTATORE ALTO DEL TIMER 1
PORT1A    = $ A001          ; REGISTRO DI I/O DELLA PORTA VIA 1
```

Figura 9.13: Programma del Mindbender

```
                DDR1A    = $ A003        ; REGISTRO DI DIREZIONE DATI DELLA
                                         ; PORTA A DEL VIA 1
                PORT1B   = $ A000        ; REGISTRO DI I/O DELLA PORTA B VIA 1
                DDR1B    = $ A002        ; REGISTRO DI DIREZIONE DATI DELLA
                                         ; PORTA B VIA 1
                PORT3B   = $ AC00        ; REGISTRO DI I/O DELLA PORTA
                                         ; B VIA 3
                DDR3B    = $ AC02        ; REGISTRO DI DIREZIONE DATI DELLA
                                         ; PORTA B VIA 3
                ;
                ROUTINE PER IMPOSTARE LE VARIABILI ED IL TIMER DI
                INTERRUPT PER IL LAMPEGGIO DEI LED
                ;
0200:  20 86 8B         JSR  ACCESS      ; MEMORIA DI SISTEMA NON PROTETTA
0203:  A9 EA            LDA  #$EA        ; CARICA IL VETTORE BASSO DI INTERRUPT
0205:  8D 7E A6         STA  IRQVECL     ;....E MEMORIZZALO ALLA LOCAZIONE DEL
                                         ; VETTORE
0208:  A9 03            LDA  #$03        ; CARICA IL VETTORE DI INTERRUPT....
020A:  8D 7F A6         STA  IRQVECH     ; ..... E MEMORIZZALO.
020D:  A9 7F            LDA  #$7F        ; AZZERA IL REGISTRO DI ABILITAZIONE
                                         ; INTERRUPT
020F:  8D 0E A0         STA  IER
0212:  A9 C0            LDA  #$C0        ; ABILITA L'INTERRUPT DEL TIMER 1
0214:  8D 0E A0         STA  IER
0217:  A9 40            LDA  #$40        ; ABILITA IL TIMER 1 NEL MODO A
                                         ; CORSA LIBERA
0219:  8D 0B A0         STA  ACR
021C:  A9 FF            LDA  #$FF
021E:  8D 04 A0         STA  T1LL        ; IMPOSTA LATCH BASSO SUL TIMER 1
0221:  8D 05 A0         STA  T1CH        ; IMPOSTA LATCH ALTO ED INIZIA
                                         ; CONTEGGIO
0224:  58               CLI              ; ABILITA GLI INTERRUPT
0225:  8D 03 A0         STA  DDR1A       ; CONFIGURA COME USCITA LA PORTA A
                                         ; DEL VIA 1
0228:  8D 02 A0         STA  DDR1B       ; CONFIGURA COME USCITA LA PORTA B
                                         ; DEL VIA 1
022B:  8D 02 AC         STA  DDR3B       ; CONFIGURA COME USCITA LA PORTA B
                                         ; DEL VIA 3
022E:  A9 00     KEY1   LDA  # 0         ; SPEGNI I LED
0230:  8D 01 A0         STA  PORT1A
0233:  8D 00 A0         STA  PORT1B
0236:  85 05            STA  MASKA       ; AZZERA LE MASCHERE DI LAMPEGGIO
0238:  85 06            STA  MASKB
                ;
                ROUTINE PER ACCETTARE IL NUMERO DI DIGIT DA INDOVINARE
                QUINDI RIEMPIRE I DIGIT CON NUMERI CASUALI DA 0 A 9
                ;
023A:  A9 02            LDA  # % 00000010 ; ACCENDI IL LED PER SEGNALARE
                                         ; ALL'UTENTE DI
023C:  8D 00 A0         STA  PORT1B      ; CARICARE IL NUMERO DI DIGIT
                                         ; RICHIESTI.
023F:  20 00 01         JSR  GETKEY      ; ACCETTA IL # DI DIGIT RICHIESTI
0242:  C9 0A            CMP  # 10        ; SE IL NUMERO TASTO : 9, RESTART
                                         ; DEL GIOCO
0244:  10 E8            BPL  KEY1
0246:  C9 00            CMP  # 0         ; CONTROLLO PER 0 DIGIT DA INDOVINARE
0248:  F0 E4            BEQ  KEY1        ; ....0 DIGIT NON CONSENTITI
024A:  85 00            STA  DIGITS      ; MEMORIZZA IL NUMERO VALIDO DI DIGIT
024C:  AD 04 A0         LDA  T1LL        ; ACCETTA # CASUALE
024F:  85 0A            STA  RND + 1     ; USALO PER AVVIARE IL GENERATORE
0251:  85 0D            STA  RND + 4     ; DI NUMERI CASUALI.
0253:  85 0E            STA  RND + 5
```

Figura 9.13: Programma del Mindbender (continua)

```
0255:  A4 00              LDY  DIGITS       ; ACCETTA # DI DIGIT DA INDOVINARE,
0257:  88                 DEY               ; ...CONTEGGIO FINO A 0, RIEMPENDOLI
                                            ; CON VALORI.
0258:  20 FF 02  RAND     JSR  RANDOM       ; ACCETTA IL VALORE CASUALE DEL DIGIT
025B:  F8                 SED
025C:  69 00              ADC  # 00         ; AGGIUSTAMENTO DECIMALE
025E:  D8                 CLD
025F:  29 0F              AND  # %00001111; MANTIENI DIGIT <10
0261:  99 0F 00           STA  DIGO, Y      ; SALVALO NELLA TABELLA DEI DIGIT.
0264:  88                 DEY
0265:  10 F1              BPL  RAND         ; RIEMPI IL DIGIT SUCCESSIVO
                  ;
                  ; ROUTINE PER RIEMPIRE LA TABELLA DEI TENTATIVI CON I
                  ; TENTATIVI DELL'UTENTE
                  ;
0267:  A9 00      ENTER   LDA  # 0          ; AZZERA IL PUNTATORE D'INGRESSO
                                            ; ALLA TABELLA
0269:  85 02              STA  XTEMP
026B:  A9 06              LDA  # %00000110; INFORMA L'UTENTE QUALI TENTATIVI
026D:  0D 00 A0           ORA  PORT1B       ; DOVREBBERO ESSERE CARICATI.....
0270:  8D 00 A0           STA  PORT1B       ; ....SENZA VARIARE LA MATRICE
0273:  20 00 01  KEY2     JSR  GETKEY       ; ACCETTA TENTATIVO
0276:  C9 0A              CMP  # 10         ; È MAGGIORE DI 9?
0278:  10 B4              BPL  KEY1         ; SE SI, RESTART DEL GIOCO
027A:  A6 02              LDX  XTEMP        ; ACCETTA PUNTATORE PER
                                            ; L'INDICIZZAZIONE
027C:  95 18              STA  ENTRY0, X    ; MEMORIZZA TENTATIVO IN TABELLA
027E:  E8                 INX               ; INCREMENTA PUNTATORE
027F:  86 02              STX  XTEMP
0281:  E4 00              CPX  DIGITS       ; PRELEVATO # CORRETTO DI TENTATIVI?
0283:  D0 EE              BNE  KEY2         ; SE NO, ACCETTANE UN ALTRO
                  ; QUESTA ROUTINE CONFRONTA I TENTATIVI DELL'UTENTE CON I
                  ; DIGIT DEL NUMERO DA INDOVINARE. PER OGNI DIGIT CORRETTO
                  ; NELLA POSIZIONE CORRETTA, VIENE ACCESO UN LED LAMPEG-
                  ; GIANTE E PER OGNI DIGIT CORRETTO NELLA POSIZIONE ERRATA,
                  ; VIENE ACCESO UN LED NON LAMPEGGIATE.
                  ;
0285:  A2 00              LDX  # 0          ; AZZERA LE SEGUENTI MEMORIE:
0287:  8E 01 A0           STX  PORT1A       ; LED
028A:  8E 00 A0           STX  PORT1B
028D:  86 05              STX  MASKA        ; MASCHERE DI LAMPEGGIO
028F:  86 06              STX  MASKB
0291:  86 04              STX  CNT          ; CONTEGGIO DELLE UGUAGLIANZE
0293:  86 08              STX  CNT1         ; CONTEGGIO DEI DIGIT CORRETTI
0295:  B5 0F      DIGLP   LDA  DIGO, X      ; CARICA PER IL CONFRONTO IL PRIMO
                                            ; DIGIT DEL #
0297:  D5 18              CMP  ENTRY0, X    ; TENTATIVO CORRETTO/POSIZIONE
                                            ; CORRETTA?
0299:  D0 04              BNE  ENTRYCMP     ; NO: È DIGIT CORRETTO/POSIZIONE
                                            ; ERRATA?
029B:  E6 08              INC  CNT1         ; UN ALTRO TENTATIVO CORRETTO
                                            ; /POSIZIONE CORRETTA
029D:  D0 10              BNE  NEXTDIG      ; ESAMINA IL DIGIT SUCCESSIVO DEL
                                            ; NUMERO
029F:  A0 00   ENTRYCMP   LDY# 0            ; RESET DEL PTR DEL # DI
                                            ; TENTATIVO PER IL CONFRONTO
02A1:  D9 19 00 ENTRYLPCMP ENTRY0, Y        ; DIGIT CORRETTO/POSIZIONE ERRATA?
02A4:  D0 04              BNE  NEXTENT      ; NO, VEDI SE È IL DIGIT SUCCESSIVO
02A6:  E6 04              INC  CNT          ; UN ALTRO DIGIT CORRETTO/POSIZIONE
                                            ; ERRATA
```

Figura 9.13: Programma del Mindbender (continua)

```
02A8:  D0 05              BNE  NEXTDIG     ; ESAMINA IL DIGIT SUCCESSIVO DEL
                                           ; NUMERO
02AA:  C8          NEXTENT INY             ; INCREMENTA PTR DEL # DI
                                           ; TENTATIVI
02AB:  C4 00              CPY  DIGITS      ; CONTROLLATI TUTTI I TENTATIVI?
02AD:  D0 F2              BNE  ENTRYLP     ; NO, VERIFICA IL TENTIVO SUCCESSIVO.
02AF:  E8          NEXTDIG INX             ; INCREMENTA PTR DEL # DI TENTATIVI
02B0:  E4 00              CPX  DIGITS      ; VALUTATI TUTTI I DIGIT?
02B2:  D0 E1              BNE  DIGLP       ; NO, CONTROLLA IL DIGIT SUCCESSIVO.
02B4:  18                 CLC              ; ACCETTA IL PRONTO PER.....
02B5:  A5 04              LDA  CNT         ; SOMMARE IL TOTALE DELLE
                                           ; UGUAGLIANZE PER DETERMINARE
02B7:  65 08              ADC  CNT1        ; IL NUMERO DI LED DA ACCENDERE
02B9:  A8                 TAY              ; TRASFERISCI A IN Y PER LA ROUTINE
                                           ; "LIGHT"
02BA:  20 F1 02           JSR  LITE        ; ACCETTA LA STRUTTURA DI LED DA
                                           ; ACCENDERE
02BD:  8D 01 A0           STA  PORT1A      ; ACCENDI I LED
02C0:  90 05              BCC  CC          ; SE CARRY = 0, NON ACCENDERE PB0
02C2:  A9 01              LDA  # 1
02C4:  8D 00 A0           STA  PORT1B      ; ACCENDI PB0
02C7:  A4 08       CC     LDY  CNT1        ; CARICA # DI LED DA LAMPEGGIARE
02C9:  20 F1 02           JSR  LITE        ; ACCETTA STRUTTURA
02CC:  85 05              STA  MASKA       ; INIZIA IL LAMPEGGIO DEI LED
02CE:  90 04              BCC  TEST        ; SE CARRY = 0, PB0 NON LAMPEGGIA
02D0:  A9 01              LDA  # 1
02D2:  85 06              STA  MASKB

                   ;
                   ; SUBROUTINE PER IL TEST DELLA VITTORIA MEDIANTE CONTROLLO
                   ; SE IL NUMERO CORRETTO DI DIGIT IN POSIZIONE CORRETTA = NU-
                   ; MERO DIGIT, IN CASO DI VITTORIA/ VIENE GENERATO UN SUONO
                   ; ACUTO, MENTRE, SE UN DIGIT QUALSIASI È ERRATO, VIENE GENE-
                   ; RATO UN SUONO BASSO.
                   ;
02D4:  A6 08       TEST   LDX  CNT1 LOAD ; CARICA IL NUMERO DI DIGIT CORRETTI
02D6:  E4 00              CPX  DIGITS      ; TUTTI TENTATIVI CORRETTI?
02D8:  F0 0B              BEQ  WIN         ; SE SI, IL GIOCATORE VINCE
02DA:  A9 72       BAD    LDA  # $ 72
02DC:  85 01              STA  DUR         ; IMPOSTA LA LUNGHEZZA DEL SUONO
                                           ; BASSO
02DE:  A9 BE              LDA  # $ BE      ; VALORE PER IL SUONO BASSO
02E0:  20 12 03           JSR  TONE        ; SEGNALA TENTATIVI ERRATI CON SUONO
02E3:  F0 82              BEQ  ENTER       ; ACCETTA I TENTATIVI SUCCESSIVI
02E5:  A9 FF       WIN    LDA  # $ FF      ; DURATA DEL SUONO ACUTO
02E7:  85 01              STA  DUR
02E9:  A9 54              LDA  # $ 54      ; VALORE PER SUONO ACUTO
02EB:  20 12 03           JSR  TONE        ; SEGNALA LA VITTORIA
02EE:  4C 2E 02           JMP  KEY1        ; RESTART DEL GIOCO

                   ;
                   ; ROUTINE PER RIEMPIRE L'ACCUMULATORE CON I BIT "1", INIZIAN-
                   ; DO DALLA PARTE DI BASSO ORDINE, FINO AD ARRIVARE ALLA PO-
                   ; SIZIONE DI BIT CORRISPONDENTE AL  LED DA ACCENDERE O DA
                   ; IMPOSTARE AL LAMPEGGIO.
                   ;
02F1:  D0 04       LITE   BNE  STRTSH      ; SE Y NON ZERO, FA SCORRERE GLI UNI
02F3:  A9 00              LDA  # 0         ; CASO SPECIALE: RISULTATO NESSUN
                                           ; UNO.
02F5:  18                 CLC
02F6:  60                 RTS
02F7:  A9 00       STRTSH LDA  # 0         ; AZZERA A COSICCHÈ VERRA' MOSTRATA
                                           ; LA STRUTTURA
02F9:  38          SHIFT  SEC              ; COSTRUISCI UN BIT 1
```

Figura 9.13: Programma del Mindbender (continua)

```
02FA:  2A                ROL  A          ; FALLO SCORRERE NELLA POSIZIONE
                                         ; CORRETTA
02FB:  88                DEY             ; MEDIANTE CICLO AL # DI
                                         ; UGUAGLIANZA TENTATIVO/DIGIT,
                                         ; PASSAGGIO IN Y
02FC:  D0 FB             BNE  SHIFT      ; RICICLA SE NON FATTO
02FE:  60                RTS

                 ; GENERATORE DI NUMERI CASUALI USA I NUMERI A, B, C, D, E, F ME-
                 ; MORIZZATI DA RND AD RND + 5: SOMMA B + D + E + F + 1 E CARICA IL
                 ; RISULTATO IN A, QUINDI FA SCORRERE A IN B, B IN C, ECC. ALL'U-
                 ; SCITA NELL'ACCUMULATORE SI TROVA IL NUOVO NUMERO CA-
                 ; SUALE CHE È COMPRESO TRA 0 E 255

02FF:  38        RANDOMSEC               ; IL CARRY AGGIUNGE IL VALORE 1
0300:  A5 0A             LDA  RND + 1    ; SOMMA A, B, E E CARRY
0302:  65 0D             ADC  RND + 4
0304:  65 0E             ADC  RND + 5
0306:  85 09             STA  RND
0308:  A2 04             LDX  # 4        ; FA SCORRERE I NUMERI
030A:  B5 09     RPL     LDA  RND, X
030C:  95 0A             STA  RND + 1, X
030E:  CA                DEX
030F:  10 F9             BPL  RPL
0311:  60                RTS

                 ; ROUTINE PER LA GENERAZIONE DEL SUONO. ALLA CHIAMATA LA
                 ; DURATA DEL SUONO (NUMERO DI CICLI DA GENERARE) DOVREBBE
                 ; ESSERE UN "DUR" ED IL VALORE DELLA NOTA (FREQUENZA) NEL'-
                 ; L'ACCUMULATORE.

0312:  85 07     TONE    STA  FREQ
0314:  A9 FF             LDA  # $ FF
0316:  8D 00 AC          STA  PORT3B
0319:  A9 00             LDA  # $ 00
031B:  A6 01             LDX  DUR
031D:  A4 07     FL2     LDY  FREQ
031F:  88        FL1     DEY
0320:  18                CLC
0321:  90 00             BCC  . + 2
0323:  D0 FA             BNE  FL1
0325:  49 FF             EOR  # $ FF
0327:  8D 00 AC          STA  PORT3B
032A:  CA                DEX
032B:  D0 F0             BNE  FL2
032D:  60                RTS

                 ; ROUTINE DI MANIPOLAZIONE INTERRUPT
                 ; COMPLEMENTA I LED AD OGNI INTERRUPT

                         . = $ 3EA       ; POSIZIONA LA ROUTINE NELL'AREA ALTA
                                         ; DI MEMORIA
03EA:  48                PHA             ; SALVA L'ACCUMULATORE
03EB:  AD 01 A0          LDA  PORT1A     ; ACCETTA LA PORTA PER LA
                                         ; COMPLEMENTAZIONE
03EE:  45 05             EOR  MASKA      ; COMPLEMENTA I BIT NECESSARI
03F0:  8D 01 A0          STA  PORT1A     ; MEMORIZZA I CONTENUTI
                                         ; COMPLEMENTATI
03F3:  AD 00 A0          LDA  PORT1B     ; RIPETI PER LA PORTA 1B
03F6:  45 06             EOR  MASKB
```

Figura 9.13: Programma del Mindbender (continua)

```
03F8:  8D 00  A0        STA   PORT1B
03FB:  AD 04  A0        LDA   T1LL        ; AZZERA IL BIT DI INTERRUPT NEL VIA
03FE:  68               PLA               ; RIMEMORIZZA L'ACCUMULATORE
03FF:  40               RTI               ; FATTO, RITORNA AL PROGRAMMA
```

SYMBOL TABLE:

GETKEY	0100	ACCESS	8B86	DIGITS	0000
DUR	0001	XTEMP	0002	YTEMP	0003
CNT	0004	MASKA	0005	MASKB	0006
FREQ	0007	CNT1	0008	RND	0009
DIGO	000F	ENTRY0	0018	IRQVECL	A67E
IRQVECH	A67F	IER	A00E	ACR	A00B
T1LL	A004	T1CH	A005	PORT1A	A001
DDR1A	A003	PORT1B	A000	DDR1B	A002
PORT3B	AC00	DDR3B	AC02	KEY1	022E
RAND	0258	ENTER	0267	KEY2	0273
DIGLP	0295	ENTRYCMP	029F	ENTRYLP	02A1
NEXTENT	02AA	NEXTDIG	02AF	CC	02C7
TEST	02D4	BAD	02DA	WIN	02E5
LITE	02F1	STRTSH	02F7	SHIFT	02F9
RANDOM	02FF	RPL	030A	TONE	0312
FL2	031D	FL1	031F		
DONE					

Figura 9.13: Programma del Mindbender (continua)

CAPITOLO 10

BLACKJACK

LE REGOLE

Il Blackjack o "21" convenzionale viene eseguito nel modo seguente. Il giocatore, chiedendo una carta alla volta, con la somma dei valori delle carte in suo possesso, senza però superare i 21 punti, cerca di battere il punteggio totalizzato dal banco. Se in qualsiasi istante si ottiene il totale di 21, dopo aver giocato soltanto due carte, il giocatore ha automaticamente vinto; è chiamata un Blackjack (il nome del gioco). I valori delle carte vanno da 1 ad 11. Nella versione convenzionale del Blackjack le regole esigono che il banco "batta" (prenda una carta) se ha in mano 16 o meno punti, ma gli proibiscono la battuta se ha 17 o più punti.

La versione di Blackjack eseguita sulla Scheda Giochi è leggermente diversa dal gioco normale. Le carte usate qui hanno valori da 1 a 10 (anzichè da 1 ad 11) ed il numero di punti non può superare 13 (al posto di 21). Il banco in questo caso è il computer.

All'inizio di ogni mano, viene assegnata una carta al banco ed una al giocatore. Un LED sempre acceso sulla Scheda Giochi rappresenta il valore della carta assegnata al banco (il computer). Un LED lampeggiante rappresenta la carta assegnata al giocatore. Se il giocatore vuole ricevere un'altra carta (battuta) deve premere il tasto "C". Il giocatore può battere diverse volte, comunque se il totale delle carte del giocatore dovesse superare 13 punti, il giocatore ha perso la mano ("ha sballato") e non può più giocare. È quindi il turno del banco. Analogamente, se il giocatore decide di passare, è il turno del banco. Il banco gioca nel modo seguente: se il totale in suo possesso è minore di 10 punti, il computer si attribuisce un'altra carta. Se non supera i 13 punti, controlla per vedere se è necessaria un'altra carta. Analogamente alla situazione del giocatore, il computer ha perso se il punteggio totale delle carte supera 13. Non è stato previsto nessun bonus o vittoria automatica ogni volta che il giocatore o il banco riesce ad ottenere esattamente 13 punti con due sole carte (un Blackjack). Questo viene lasciato come esercizio per il lettore.

Una volta che il banco termina il suo turno, supponendo che non sia sballato, i due punteggi vengono confrontati. Se il totale del banco è maggiore di quello del giocatore, il giocatore ha perso. In caso contrario il giocatore ha vinto. All'inizio di ogni serie al giocatore vengono assegnati 5 gettoni (5 punti). Ogni mano persa diminuisce questo totale di un gettone; ogni vincita lo aumenta di uno. Il gioco termina quando il giocatore ha perso tutto, oppure raggiunge un punteggio di 10 e vince. Dopo ogni gioco il punteggio risultante viene visualizzato sotto forma di numero tra 0 e 10 sul LED appropriato. Ogni volta che un giocatore vince una mano, vengono accesi i tre LED di sinistra della riga in basso. Se vince il banco, vengono accesi i tre LED di destra. (Vedere Fig. 10.1).

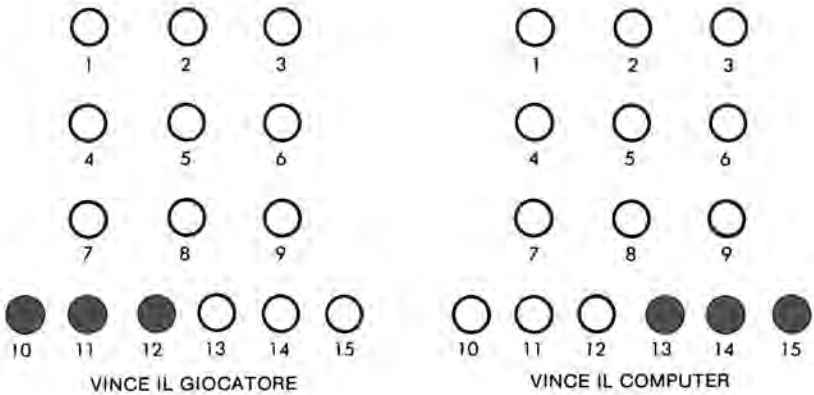


Fig. 10.1: Indicazione del vincitore

UNA GIOCATA TIPICA

In una partita contro il banco, il giocatore preme il tasto A per ricevere un'altra carta (battuta) a meno che non superi il totale di 13 (bust) oppure a meno che il giocatore non decida che il suo totale è abbastanza vicino a 13 e sufficiente a battere il banco. Quando il giocatore prende la decisione di fermarsi, deve premere il tasto "C". Questo passa la mano al banco e tutti gli altri tasti verranno ignorati. I LED si accenderanno in successione sulla scheda quando il computer si assegna delle altre carte finchè non supera il 10, raggiunge esattamente il 13, oppure sballa. Una volta che il computer ha arrestato il gioco, qualsiasi tasto può essere premuto; verrà visualizzato il punteggio del giocatore ed il vincitore verrà indicato accendendo i LED dal lato relativo. La visualizzazione apparirà per circa un secondo e quindi si passa ad una nuova mano.

Notate che, una volta che il valore in mano al computer ha raggiunto un totale maggiore o uguale a 10, esso non esegue nient'altro finchè non viene premuto un tasto. Eseguiamo questa "giocata tipica".

La Fig. 10.2 mostra la visualizzazione iniziale. Un LED acceso viene rappresentato con un punto nero, mentre un LED lampeggiante viene rappresentato con mezzo punto. Nella mano iniziale, il computer ha assegnato a se stesso un 1 ed al giocatore un 4. Il giocatore preme il tasto "A" e riceve una carta addizionale. È un 9. La situazione è mostrata in Fig. 10.3. Si tratta di un Blackjack ed il giocatore ha vinto. La miglior speranza del banco a questo punto è di raggiungere anche lui 13.

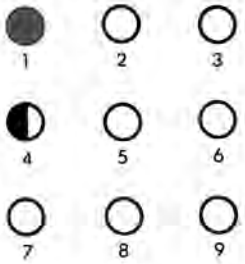


Figura 10.2: Prima mano

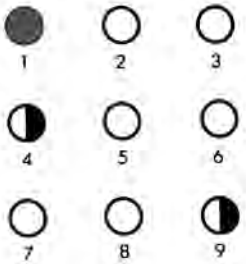


Figura 10.3: Il giocatore riceve una seconda carta: blackjack

Esaminiamo il suo responso. Per passare la mano dobbiamo premere il tasto "C". Un istante dopo si accende il LED # 3. Il totale in mano al computer è ora $1 + 3 = 4$. Esso si assegnerà un'altra carta. Un istante dopo si accende il LED # 7. Il totale del computer è ora $4 + 7 = 11$. Esso si arresta. Avendo un punteggio più basso del giocatore, ha perso. Verifichiamolo. Premiamo un tasto sulla tastiera (per esempio, "0"). Il

risultato appare sul display: si accendono i LED 10, 11 e 12 indicanti una vittoria del giocatore, inoltre si accende il LED # 6, indicando che il punteggio del giocatore è aumentato da 5 a 6 punti. Questa informazione è mostrata in Fig. 10.4.

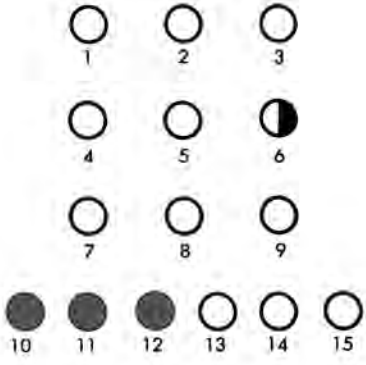


Figura 10.4: Fine del giro: il banco perde

Il visualizzatore quindi si spegne ed inizia una nuova mano. Quando viene eseguita l'estrazione di una carta, nessuno dei LED della riga in basso è acceso ed il punteggio rimane invariato. Viene eseguita una nuova mano. (Se il giocatore sballa, il banco vince immediatamente e viene visualizzata una vittoria del computer).

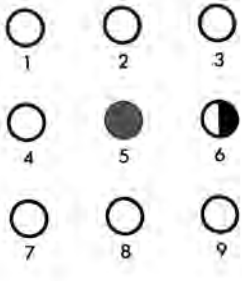


Figura 10.5: Seconda mano

Eseguiamo ora un'altra mano. All'inizio di questa mano il computer ha assegnato a se stesso un 5 ed al giocatore un 6. La situazione è mostrata in Fig. 10.5. Chiediamo un'altra carta. Premiamo il tasto "A" e

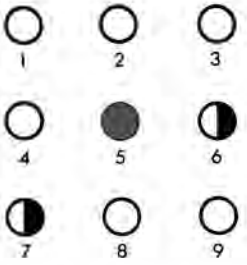


Figura 10.6: Ancora blackjack

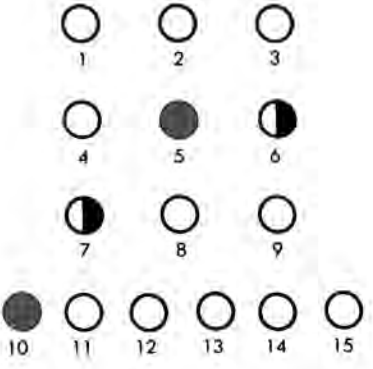


Figura 10.7: Il banco sballa (bust)

ci viene assegnato un 7. Questo era insperabile. Abbiamo fatto ancora tredici!! La situazione è mostrata in Fig. 10.6. È ora il turno del computer. Premiamo il tasto "C", si accende il LED # 10, il computer ha 15. Il computer è sballato. La situazione è mostrata in Fig. 10.7, verifichiamolo. Premiamo un qualsiasi tasto sulla tastiera. I tre LED di sinistra sulla riga in basso (LED 10, 11 e 12) si accendono e viene visualizzato un punteggio pari a 7. Questo è mostrato in Fig. 10.8. Un istante dopo il visualizzatore si spegne ed inizia una nuova mano.

IL PROGRAMMA

La Fig. 10.9 riporta un diagramma di flusso dettagliato del programma Blackjack, mentre il listing del programma è riportato alla fine del

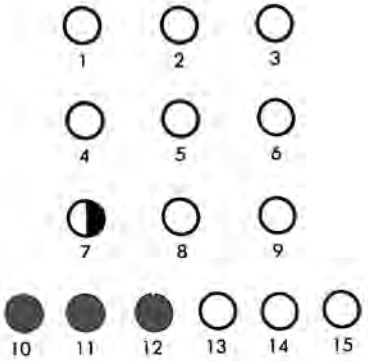


Figura 10.8: Il punteggio finale è 7

capitolo. Come al solito, una parte della pagina 0 è stata riservata alle variabili ed ai flag che non possono essere conservati nei registri interni del 6502. Questa area è mostrata in Fig. 10.10 come "mappa di memoria". Queste variabili o flag sono:

DONE: questo flag è posto al valore "0" all'inizio del gioco. Se il giocatore perde tutto, esso sarà posto al valore "11111111". Se il giocatore raggiunge 10 punti (il massimo), questo flag sarà posto al valore "1". Questo flag sarà controllato alla fine del gioco dalla routine ENDER che visualizzerà il risultato finale del gioco sulla scheda ed accenderà una riga di LED oppure un quadrato lampeggiante.

CHIPS: questa variabile viene impiegata per memorizzare il punteggio del giocatore. Inizialmente è posta al valore "5". Ogni volta che il giocatore vince una mano, essa verrà incrementata di uno. Invece, ogni volta che il giocatore perde, essa sarà decrementata di 1. Il gioco termina se questa variabile raggiunge il valore "0" oppure "10".

MASKA, MASKB: queste due variabili vengono impiegate per conservare le maschere o le strutture impiegate per far lampeggiare i LED connessi rispettivamente alla Porta A ed alla Porta B della Scheda Giochi.

PHAND: conserva il totale corrente in mano al giocatore. Viene incrementata ogni volta che il giocatore batte (cioè richiede un'altra carta).

CHAND: questa variabile conserva il totale corrente in mano al computer (il banco).

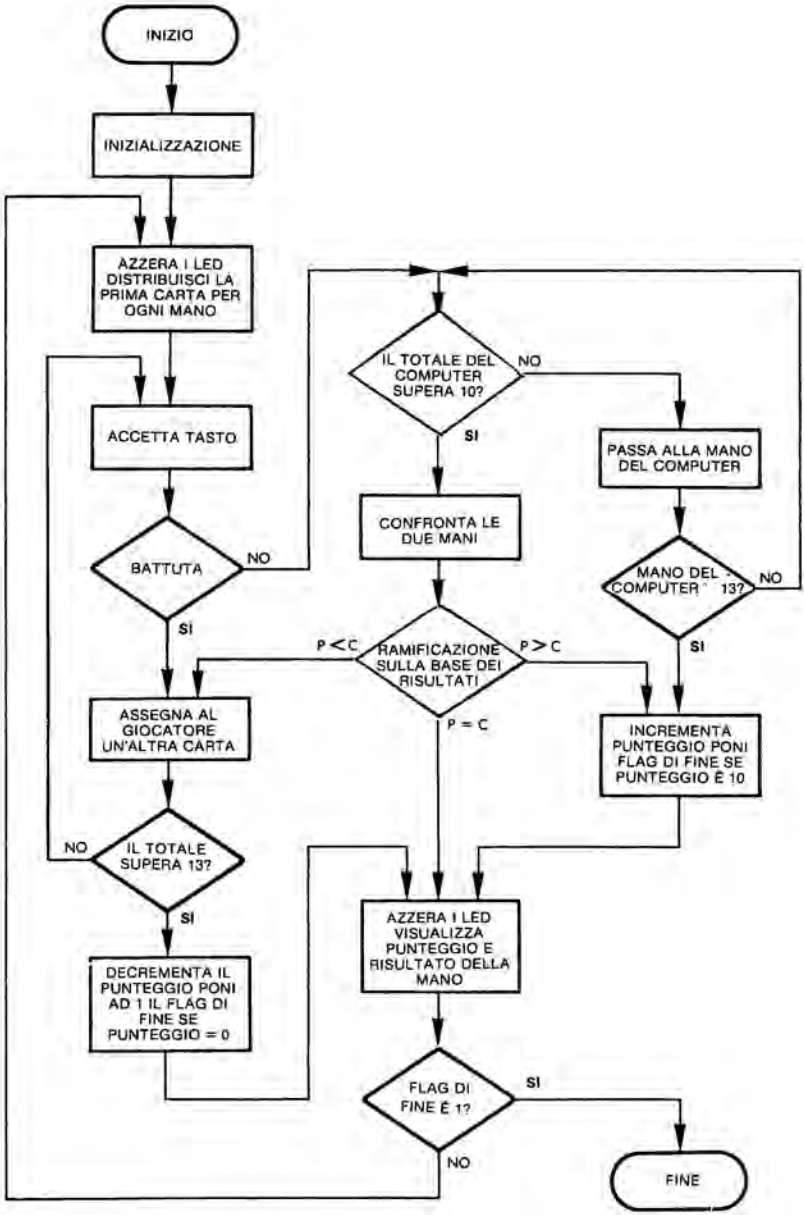


Figura 10.9: Diagramma di flusso del blackjack

TEMP: questa è una variabile temporanea impiegata dalla routine RANDOM per attribuire la carta successiva.

RND fino RND + 5: queste sei locazioni sono riservate alla routine per la generazione di numeri casuali chiamata RANDER.

WHOWON: questo flag di stato viene impiegato per indicare il vincitore della mano. Esso è posto inizialmente a "0" e quindi decrementato se il giocatore perde o se il giocatore vince.

Nella parte alta della memoria, il programma impiega il VIA # 1, la subroutine ACCESS fornita dal SYM monitor ed un vettore di interrupt all'indirizzo A67E, come mostrato in Fig. 10.11.

Esaminiamo ora il funzionamento del programma. Per chiarezza si consiglia di seguire il diagramma di flusso della Fig. 10.9.

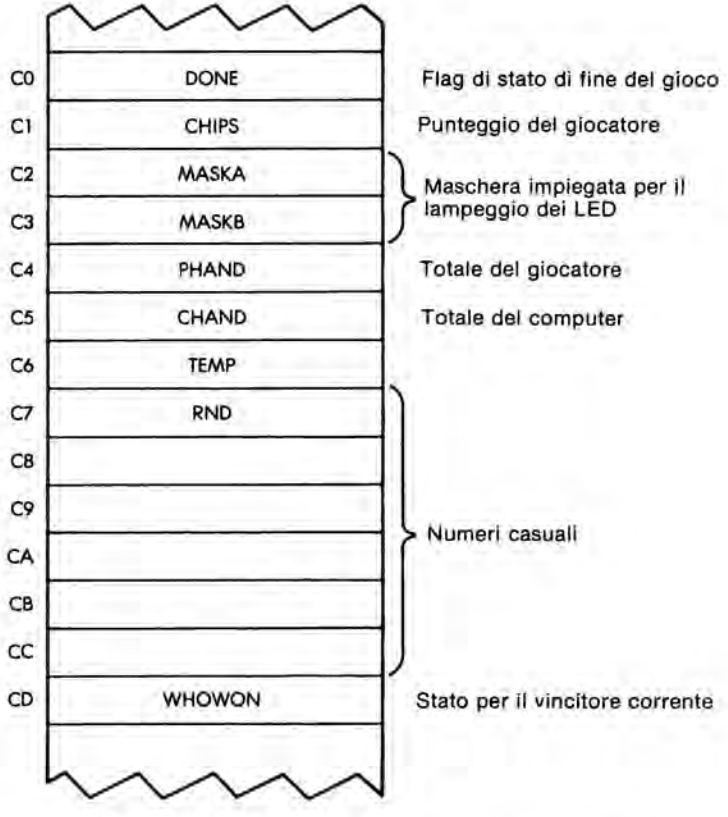


Figura 10.10: Mappa dell'area bassa di memoria

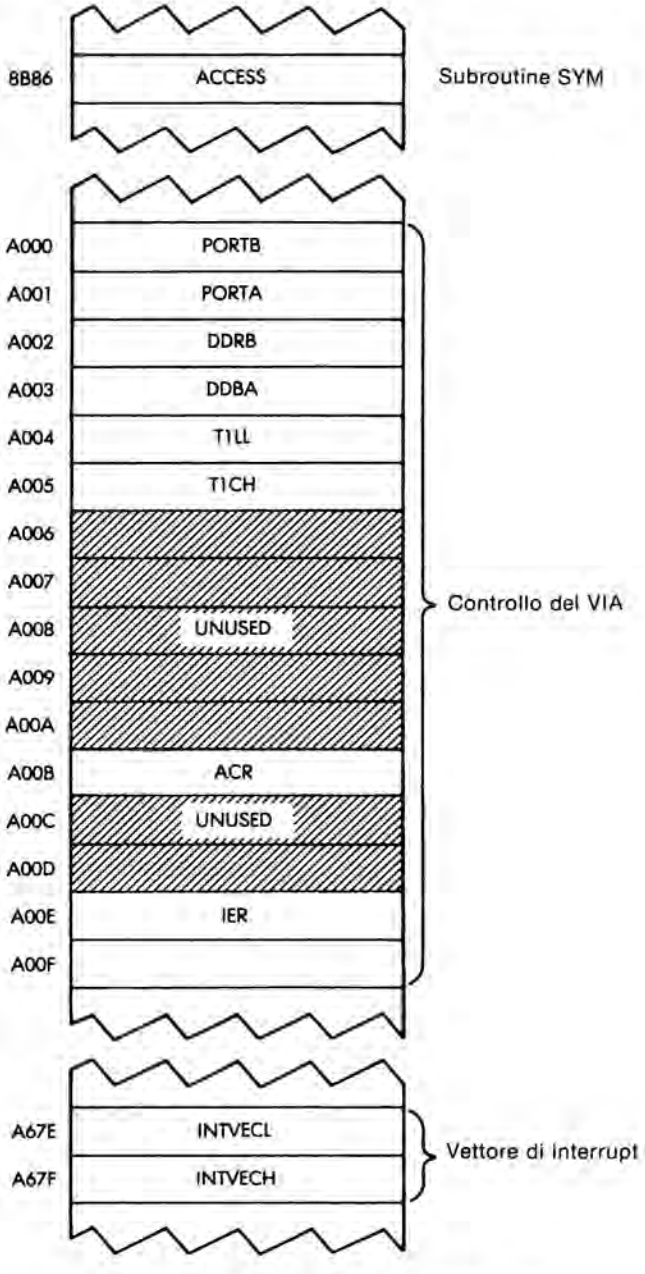


Figura 10.11: Mappa dell'area alta di memoria

Inizializzazione del programma

Il timer sul 6522 VIA #1 verrà impiegato per generare gli interrupt che fanno lampeggiare i LED. Questi interrupt generano una ramificazione alla locazione 03EA dove c'è la routine di manipolazione interrupt. Il primo passo è quindi quello di caricare il nuovo valore nel vettore di interrupt, cioè "03EA" nella locazione di memoria appropriata:

```
BLJACK    JSR ACCESS      Sistema di memoria non
                          protetto
          LDA #SEA        Carica il vettore basso di
                          interrupt
          STA INTVECL
          LDA #$03        Vettore alto
          STA INTVECH
```

Come descritto precedentemente, il registro di abilitazione interrupt viene prima caricato con il valore "01111111" e poi con il valore "11000000" in modo da abilitare l'interrupt per il timer 1:

```
          LDA #$7F        Azzera timer abilitazione
                          interrupt
          STA IER
          LDA #$C0        Abilita timer 1 interrupt
          STA IER
```

Caricando il valore "7F" azzeriamo i bit da 0 a 6, disabilitando quindi tutti gli interrupt. Quindi, caricando il valore "C0", poniamo ad 1 il bit 6, che è il bit di interrupt corrispondente al timer 1. (Vedere Fig. 9.10). Come nel capitolo precedente, il timer 1 viene posto nel modo free-running (a corsa libera). Esso genererà quindi automaticamente interrupt che saranno impiegati per il lampeggio dei LED. Per impostare il modo free-running, il bit 6 di ACR deve essere posto ad "1":

```
          LDA #$40        Poni il timer 1
          STA ACR         Nel modo free-running
```

I latch del timer 1 sono inizializzati al valore più elevato possibile, cioè FFFF:

```
          LDA #$FF
          STA T1LL        Latch basso del timer 1
          STA T1CH        Latch alto e start del timer
```

Infine, ora che il timer è stato correttamente inizializzato, vengono abilitati gli interrupt sul processore:

```
CLI          Abilita gli interrupt
```

Le Porte A e B dei LED sono configurate come uscite (ricordate che l'accumulatore contiene ancora il valore "FF"):

```
STA DDRA
STA DDRB
```

Come precauzione viene azzerato il flag decimale:

```
CLD
```

Il punteggio del giocatore viene inizializzato al valore 5:

```
LDA #5       Poni a 5 il punteggio del giocatore
STA CHIPS
```

Il flag DONE viene inizializzato al valore "0":

```
LDA #0       Azzera il flag done
STA DONE
```

I LED sulla scheda vengono spenti:

```
STA MASKA
STA MASKB
STA PORTA    Spegni i LED
STA PORTB
```

Ed il flag WHOWON viene anch'esso inizializzato a "0":

```
STA WHOWON Azzera flag
```

Esecuzione della prima mano

Siamo ora pronti a giocare. Assegnamo una carta al banco ed una al giocatore. Per questo scopo verranno impiegate le subroutine LIGHTR

e BLINKR. Ciascuna di queste subroutine genera un numero casuale ed accende i LED corrispondenti. LIGHTR accende i LED in modo continuo, mentre BLINKR in modo lampeggiante. Queste due subroutine verranno descritte in seguito. Imponiamo il lampeggio di un LED per il giocatore:

```
        JSR BLINKR      Imposta il lampeggio di un LED
                        casuale
```

e salviamo il primo totale della mano in corso del giocatore:

```
        STA PHAND       Memorizza la mano del
                        giocatore
```

quindi eseguiamo la stessa operazione per il computer:

```
        JSR LIGHTR      Accendi fisso un LED casuale
        STA CHAND       Memorizza la mano del
                        computer
```

Battuta oppure arresto?

Ora leggeremo la tastiera. Se il giocatore preme "A" questo indica la richiesta di una carta addizionale, se preme "C" il giocatore passa e viene eseguito il turno del computer. Tutti gli altri tasti vengono ignorati. Leggiamo preliminarmente la chiusura del tasto dalla tastiera:

```
ASK     JSR GETKEY
```

Il valore del tasto deve ora venire confrontato con "A" oppure con "C":

```
        CMP #$0A
        BEQ HITPLR
        CMP #$0C        È il turno del computer?
        BEQ DEALER
```

Se è stato premuto qualsiasi altro tasto, verrà ignorato e verrà letto un nuovo tasto:

```
        JMP ASK         Tasto non valido, prova ancora
```

A questo punto del programma assumeremo che la situazione richieda una "battuta". Deve essere assegnata un'altra carta al giocatore. Imponiamo un altro LED lampeggiante. Naturalmente le due subroutine BLINKR e LIGHTR, avranno cura di non assegnare una carta già assegnata. Come questo venga ottenuto verrà analizzato in seguito (questo è lo scopo della subroutine SETBIT).

```
HITPLR    JSR BLINKR    Lampeggio di un LED casuale
```

Appena è stata assegnata un'altra carta al giocatore, calcoliamo il nuovo totale del giocatore per la mano in corso:

```
          CLC
          ADC PHAND     Punteggio in mano al giocatore
          STA PHAND
```

Il nuovo totale deve essere nuovamente controllato con il valore 13. Finchè il giocatore ha 13 o meno, può giocare ancora, cioè decidere se battere o passare. Invece, se il punteggio del giocatore supera 13, egli sballa e perde il gioco. Eseguiamo il controllo:

```
          CMP #14       Controllo per 13
          BCC ASK       Chiedi se <= 13
          JMP LOSE      Sballa
```

Ora è il turno del banco. Poichè il computer è molto più veloce del giocatore nel decidere se vuole battere o passare, dobbiamo eseguire un rallentamento per fornire più suspense al gioco:

```
DEALER    JSR DELAY
```

La subroutine di ritardo aumenta il periodo di tempo tra le decisioni successive eseguite dal computer per rendere il computer "simile all'uomo".

Prima di assegnare un'altra carta al computer (il banco), esaminiamo il suo totale. La regola è che il totale del banco non superi "10". (Naturalmente, per gli esperti di Blackjack, sono disponibili altri algoritmi). La mano del computer viene perciò controllata rispetto al valore "10". Se questo valore viene superato, si verifica una ramificazione alla locazione WINNER dove verrà deciso chi vince. Altrimenti viene assegnata una nuova carta al computer:

```
LDA CHAND
CMP #10          Controlla mano per limite
BCS WINNER       Sì. Decide il vincitore.
```

Finchè il totale della mano è inferiore a "10", il banco ci richiede una battuta. Una nuova carta gli viene assegnata nello stesso modo in cui veniva precedentemente assegnata al giocatore:

```
JSR LIGHTR       Accendi un LED a caso
```

Viene calcolato il nuovo totale del banco:

```
CLC
ADC CHAND        Punteggio della mano del banco
STA CHAND
```

Come nel caso precedente del giocatore, si confronta con "13" per determinare se il banco è sballato oppure no:

```
CMP #14          Mano è <= 13?
BBC DEALER       Sì: altra battuta?
JMP WIN          Sballato: vince il giocatore
```

Se il computer è sballato, si verifica un salto alla locazione WIN, che indica una vittoria da parte del giocatore. Altrimenti si salta indietro alla locazione DEALER, dove il computer determinerà se vuole ricevere una carta addizionale. Determiniamo ora il vincitore:

```
WINNER   LDACHAND
         CMP PHAND       Confronta le mani
```

Sussistono tre casi possibili: punteggi uguali, il giocatore vince ed il giocatore perde.

```
BEQ SCORER
BCC WIN
```

Nel caso che i punteggi siano uguali, si ha un salto alla locazione SCORER che visualizzerà lo stato corrente. Se vince il giocatore si ha un salto alla locazione WIN e la sequenza sarà descritta in seguito. Esaminiamo innanzi tutto cosa succede se il giocatore perde.

Il giocatore perde

Per memorizzare lo stato alla fine di ciascun gioco viene impiegato un flag speciale chiamato WHOWON. Esso viene decrementato per indicare una sconfitta da parte del giocatore:

```
LOSE        DEC WHOWON
```

Il punteggio del giocatore viene decrementato:

```
            DEC CHIPS
```

Il punteggio del giocatore deve essere confrontato con il valore "0". Se tale punteggio ha raggiunto lo zero, il giocatore ha perso. Il questo caso il flag DONE è posto a "11111111"; altrimenti rimane invariato. Infine si verifica un salto a SCORER dove verrà visualizzato il punteggio finale:

```
            BNE SCORER      Giocatore al verde?
            DEC DONE        Sì: imposta il flag di sconfitta
            JMP SCORER      Fine del gioco
```

Il giocatore vince

Analogamente, quando il giocatore vince, il flag WHOWON viene posto ad "1":

```
WIN         INC WHOWON
```

Il punteggio viene incrementato:

```
            INC CHIPS
```

Esso viene quindi confrontato con il valore "10":

```
            LDA CHIPS
            CMP #10         Gettoni = 10?
```

Se è stato raggiunto il massimo punteggio pari a "10", viene settato il flag DONE.

```
            BNE SCORER
            INC DONE        Imposta il flag DONE
```

La visualizzazione dello stato finale viene eseguita dalla routine SCORER. Ricordate che lo stato finale verrà visualizzato soltanto su richiesta del giocatore - quando viene premuto un qualsiasi tasto sulla tastiera. Quindi esiste uno stato di attesa per questo:

```
SCORER      JSR GETKEY
```

Prima di visualizzare lo stato, vengono spenti tutti i LED sulla scheda:

```
            LDA #0
            STA MASKA
            STA MASKB
            STA PORTA
            STA PORTB
```

Ora il punteggio del giocatore deve essere visualizzato sulla scheda. Leggiamolo:

```
            LDX CHIPS
            BEQ ENDER
```

Se il giocatore non ha altri gettoni, si verifica un salto alla locazione ENDER ed il gioco terminerà. Altrimenti viene visualizzato il punteggio. Sfortunatamente i LED sono numerati internamente da "0" a "7", anche se esternamente sono indicati da "0" ad "8". Per poter accendere il LED appropriato occorre perciò decrementare il punteggio:

```
            DEX
```

quindi viene impiegata una subroutine speciale, chiamata SETMASK, per visualizzare il LED appropriato. Si assume che, all'ingresso della subroutine SETMASK, l'accumulatore contenga il numero del LED da visualizzare.

```
            TXA
            JSR SETMASK
```

Ora che è stata generata la maschera corretta per visualizzare il punteggio, dobbiamo indicare il vincitore. Se vince il giocatore, vengono accesi i tre LED a sinistra della riga in basso; se vince il computer, vengono accesi i tre LED a destra. Se invece c'è stato un pareggio, nessun LED sarà acceso nella riga in basso. Vediamo chi ha vinto:

```
        LDA WHOWON
        BEQ ENDER       Pareggio: non variare i LED
        BMI SC
```

Se il giocatore ha perso si verifica un salto all'indirizzo SC. D'altra parte, se il giocatore ha vinto, vengono accesi i tre LED a sinistra della riga in basso:

```
        LDA #$0E        Ha vinto il giocatore: accendi
                        i LED di sinistra
        JMP SC0
```

Se il giocatore ha perso, vengono accesi i tre LED di destra:

```
SC      LDA #$B0        Il giocatore ha perso: accendi
                        i LED di destra
```

La struttura appropriata per accendere la riga in basso di LED è contenuta nell'accumulatore e questa viene inviata alla Scheda Giochi:

```
SC0     ORA PORTB
        STA PORTB
```

Fine del gioco

La routine ENDER viene impiegata per terminare ciascun gioco. Se il punteggio non è nè "0", nè "10", viene eseguita una nuova mano:

```
ENDER   JRS DELAY2
        LDA DONE
        BNE EN0
        JMP START
```

Altrimenti, controlliamo il flag DONE per vedere se il giocatore ha vinto oppure ha perso. Se il giocatore ha perso, vengono accesi i LED della riga in basso ed il gioco termina:

```
EN0     BPL EN1         $01:Salta alla condizione
                        di vittoria
        LDA #$BE        Riga fissa di LED
        STA PORTB
        RTS             Ritorno al monitor
```

Nel caso di vittoria del giocatore, viene visualizzato un quadrato lampeggiante ed il programma termina:

```
EN1     LDA #$FF
        STA MASKA
        LDA #$01
        STA MASKB
        RTS
```

Subroutine

Subroutine SETBIT

Lo scopo di questa subroutine è di creare la struttura richiesta per accendere un dato LED. All'ingresso della subroutine, l'accumulatore contiene un numero compreso tra "0" e "9", che specifica quale LED deve essere acceso. All'uscita della subroutine, il bit corretto è posizionato nell'accumulatore. Se il numero logico del LED è maggiore di "7", il bit carry viene posto ad "1" per indicare che l'uscita dovrebbe verificarsi sulla Porta B, anzichè sulla Porta A. Inoltre Y conterrà il valore esterno del LED da accendere (da 1 a 10).

Esaminiamo in dettaglio la subroutine. Il numero del LED viene salvato nel registro indice Y:

```
SETBIT  TAY             Salva il numero logico
```

Esso viene quindi confrontato con il valore limite "7".

```
        CMP #8
        BCC SB0
```

Se il valore era maggiore di 7, sottraiamo 8 da esso:

```
        SBC #8          Sottrai se >7
```

Esercizio 10.1: *Ricordate che SBC richiede che il carry sia posto ad 1. Siamo in questo caso?*

Ora siamo sicuri che il numero contenuto nell'accumulatore è compreso tra "0" e "7". Salviamolo in X:

```
SB0     TAX
```

Un bit sarà ora fatto scorrere nella posizione corrente dell'accumulatore. Preliminarmente poniamo il carry ad "1":

```
        SEC             Prepara la rotazione
```

Azzeriamo l'accumulatore:

```
        LDA #0
```

quindi ruotiamo il bit nella posizione corretta:

```
SBLOOP  ROL A
        DEX
        BPL SBLOOP
```

Notate che il registro indice X viene impiegato come contatore di bit. L'accumulatore è ora condizionato correttamente. Il numero esterno del LED da accendere è uguale al valore inizialmente memorizzato nell'accumulatore più uno:

```
        INY             Rendi Y uguale al # esterno
```

Se devono essere accesi il LED 9 oppure 10, il bit carry deve essere posto ad 1 per indicare questo fatto. La Porta B dovrà essere impiegata al posto della Porta A:

```
        CPY #9          Poni ad 1 il carry per la
                        Porta B
        RTS
```

Esercizio 10.2: *Confrontate questa subroutine con la subroutine LIGHT del capitolo precedente.*

Esercizio 10.3: *Alla fine, come veniva posto il carry per il LED #9?*

Subroutine LIGHTR

Questa subroutine assegna la carta successiva al banco (computer). Essa genera un numero casuale, si assicura che la carta corrispondente non sia già stata assegnata, cioè che non corrisponda ad una carta già visualizzata sulla scheda. Se non è già stata visualizzata, il numero casuale può essere impiegato come valore della carta successiva da assegnare. Viene quindi acceso un LED nella scheda.

Preliminarmente generiamo un numero casuale:

```
LIGHTR      JSR  RANDOM
```

Si vedrà in seguito che la routine RANDOM non genera un numero completamente casuale ma è importante assicurarsi che esso non corrisponda ad una carta già assegnata. Quindi occorre posizionare il bit corretto nell'accumulatore per visualizzare la carta. Utilizziamo la routine SETBIT appena descritta, per posizionare il bit nell'accumulatore

```
            JSR SETBIT
```

Dobbiamo determinare se deve essere impiegata la Porta A oppure la Porta B. Questo viene eseguito mediante il test del bit carry che è stato condizionato dalla subroutine SETBIT:

```
            BCS LL0
```

Assumeremo che debba essere impiegata la Porta A. Il nuovo bit sarà sommato per la visualizzazione mediante OR nella Porta A:

```
            ORA PORTA
            STA PORTA
```

Il valore della carta deve ora essere rimemorizzato nell'accumulatore. Esso è stato salvato nel registro Y dalla routine SETBIT:

```
            TYA
            RTS
```

Nel caso venga impiegata la Porta B, la sequenza è la stessa:

```
LL0         ORA PORTB
            STA PORTB
            TYA              Ripristina valore
            RTS
```

Subroutine BLINKER

Questa subroutine funziona esattamente come la precedente LIGHTR tranne per il fatto che i LED vengono fatti lampeggiare. Notate che essa contiene la subroutine SETMASK che imporrà il lampeggio del LED appropriato ed uscirà con il valore numerico del LED nell'accumulatore:

```
BLINKR    JSR RANDOM    Accetta numero casuale
SETMASK   JSR SETBIT
          BCS BL0       Salta se Porta B
          ORA MASKA
          STA MASKA
          TYA           Ripristina valore
          RTS
BL0       ORA MASKB
          STA MASKB
          TYA
          RTS
```

Subroutine RANDOM

Questa subroutine genererà un numero casuale compreso tra "0" e "9", che non sia già stato impiegato, cioè che non corrisponda al numero interno di un LED già acceso sulla Scheda Giochi. Il valore di questo numero sarà contenuto nell'accumulatore all'uscita della subroutine. Otteniamo un numero casuale:

```
RANDOM    JSR RANDER    Accetta numero da 0 a 255
```

La subroutine RANDER è il solito generatore di numeri casuali già descritti ai capitoli precedenti. Come al solito dobbiamo conservare soltanto un numero compreso tra "0" e "9". In questo caso useremo una strategia diversa mediante il rifiuto di qualsiasi numero maggiore di 9 e chiedendo un altro numero se questo si verifica:

```
AND #$0F
CMP #10
BCS RANDOM
```

Esercizio 10.4: *Siete in grado di suggerire un metodo alternativo per ottenere un numero compreso tra "0" e "9"? (Suggerimento: un tale metodo è stato descritto nei capitoli precedenti.)*

A questo punto è stato ottenuto un numero casuale compreso tra "0" e "9". Otteniamo ora la corrispondente posizione di bit che deve essere illuminata e salviamola nella locazione di memoria TEMP:

```
JSR SETBIT    Poni ad "1" il bit corretto
STA TEMP
```

Ora controlleremo se il bit corrispondente è già acceso sulla Porta A oppure sulla Porta B. Determiniamo preliminarmente se è la Porta A oppure B:

```
        BCS RN0          Determina se Porta A oppure B
```

Assumendo che sia la Porta A, dobbiamo ora trovare quali LED della Porta A sono accesi. Questo viene eseguito combinando le strutture di lampeggio e di accensione continua dei LED, che sono rispettivamente in MASKA ed in PORTA:

```
        LDA MASKA
        ORA PORTA        Combina PORTA e MASKA
```

Quindi viene eseguito il controllo per vedere se il bit che si vuole accendere è già acceso:

```
        JMP RN1
```

Se sì, dobbiamo ottenere un nuovo numero casuale tra "0" e "9":

```
RN1     AND TEMP
        BNE RANDOM
```

Se invece il bit non è già acceso, usciamo semplicemente con il valore interno del LED nell'accumulatore:

```
        DEY
        TYA
        RTS
```

In modo analogo, se deve essere acceso un LED della Porta B, la sequenza è:

```
RN0     LDA MASKB
        ORA PORTB
        AND TEMP
        BNE RANDOM
        DEY
        TYA
        RTS
```

Subroutine RANDER

Questa subroutine genera un numero casuale compreso tra "0" e "255". Essa è già stata descritta ai capitoli precedenti.

Subroutine DELAY

Questo programma impiega due cicli di ritardo: DELAY, che fornisce un ritardo di circa mezzo secondo e DELAY2, che fornisce un ritardo doppio, cioè pari a circa un secondo. I registri indice X ed Y sono entrambi caricati con il valore "FF". Viene quindi implementato il ciclo a due livelli annidati:

```
DELAY2      JSR DELAY
DELAY       LDA #$FF
            TAY
D0          TAX
D1          DEX
            LDA #$FF
            BNE D1
            DEY
            BNE D0
            RTS
```

Esercizio 10.5: *Calcolate la durata esatta delle subroutine DELAY*

Manipolatore di interrupt

La routine di interrupt viene impiegata per il lampeggio dei LED sulla scheda, mediante MASKA e MASKB, ogni volta che il timer genera un interrupt. Nessun contenuto dei registri viene cambiato. Il funzionamento di questa routine è già stato descritto al capitolo precedente:

```
            PHA
            LDA PORTA
            EOR MASKA
            STA PORTA
            LDA PORTB
            EOR MASKB
            STA PORTB
```

```
LDA TILL
PLA
RTI
```

SOMMARIO

Questo programma è notevolmente complesso, nonostante la semplice strategia impiegata dal banco. La maggior parte dei passi logici dell'algoritmo sono accompagnati da effetti sonori e visivi. Notate la piccola quantità di memoria richiesta per l'esecuzione di un gioco relativamente complesso.

Esercizio 10.6: *Notate che questo programma assume che i contenuti della locazione di memoria RND siano ragionevolmente casuali all'inizio del gioco. Se voleste avere un valore con maggior grado di casualità in RND all'inizio del gioco, siete in grado di suggerire un'istruzione addizionale da inserire nella fase di inizializzazione di questo programma? (Suggerimento: questo è stato già fatto nei programmi precedenti).*

Esercizio 10.7: *Nella routine ENDER, le due istruzioni "BNE EN0" e "JMP START" sono entrambe necessarie? Se non ci fossero, in quali condizioni sarebbero richieste?*

Esercizio 10.8: *"Recursione" definisce una routine che chiama se stessa. DELAY2 è recursiva?*

```
                ;  —      BLJACK   PROGRAM  —
                ACCESS   = $8B86
                INTVECL  = $A67E
                INTVECH  = $A67F
                IER      = $A00E
                ACR      = $A00B
                T1LL     = $A004
                T1CH     = $A005
                DDRA     = $A003
                DDRB     = $A002
                PORTA    = $A001
                PORTB    = $A000
                MASKA    = $C2
                MASKB    = $C3
                CHIPS    = $C1
                DONE     = $C0
                PHAND    = $C4
                CHAND    = $C5
                TEMP     = $C6
                RND      = $C7
                WHOWON   = $CD
                GETKEY   = $100
                         = $200
                ; GIOCO BLACKJACK: USA UN 'MAZZO' DI 10 CARTE. LE CARTE
                ; ASSEGNATE AL GIOCATORE SONO RAPPRESENTATE DA LED LAMPEG-
                ; GIANTI QUELLE DEL COMPUTER SONO LED STAZIONARI. LE CARTE
                ; SONO ASSEGNATE MEDIANTE UN GENERATORE DI NUMERI CASUALI
                ; CHE È NON RIPETITIVO. I TOTALI NUMERICI SONO CONTENUTI NELLE
                ; LOCAZIONI DI PAGINA ZERO 'PHAND' E 'CHAND' PORTA E PORTB SONO
                ; LE PORTE DEL COMPUTER VERSO IL VISUALIZZATORE A LED. MASKA
                ; E MASKB SONO IMPIEGATE DALLA ROUTINE DI INTERRUPT PER IL
                ; LAMPEGGIO DEL LED SELEZIONATO 'DONE' E 'WHOWON' SONO I
                ; FLAG DI STATO PER DETERMINARE LA FINE DEL GIOCO E CHI VINCE
                ; LA MANO CORRENTE.
                ;
                ; IL PROGRAMMA COMINCIA INIZIALIZZANDO IL TIMER ED
                ; IL VETTORE DI INTERRUPT. LE PORTE D'USCITA VENGONO
                ; ATTIVATE ED I FLAG DI STATO AZZERATI.
                ;
0200:  20 86 8B BLJACK JSR  ACCESS     ; MEMORIA DI SISTEMA NON PROTETTA
0203:  A9 EA           LDA  # $EA      ; CARICA IL VETTORE BASSO DI INTERRUPT
0205:  8D 7E A6        STA  INTVECL
0208:  A9 03     LDA   # $03          ; CARICA IL VETTORE ELEVATO DI
                                       ; INTERRUPT
020A:  8D 7F A6        STA  INTVECH
020D:  A9 7F           LDA  # $7F     ; AZZERA IL TIMER DI ABILITAZIONE
                                       ; INTERRUPT
020F:  8D 0E A0        STA  IER
0212:  A9 C0           LDA  # $C0     ; ABILITA L'INTERRUPT DEL TIMER 1
0214:  8D 0E A0        STA  IER
0217:  A9 40           LDA  # $40     ; PONI IL TIMER 1 NEL MODO A CORSA
                                       ; LIBERA
0219:  8D 0B A0        STA  ACR
021C:  A9 FF           LDA  # $FF
021E:  8D 04 A0        STA  T1LL      ; PONI LATCH BASSO SUL TIMER 1
0221:  8D 05 A0        STA  T1CH      ; PONI LATCH ALTO & AVVIO DEL TIMER
0224:  58              CLI            ; ABILITA GLI INTERRUPT DEL
                                       ; PROCESSORE
0225:  8D 03 A0        STA  DDRA      ; CONFIGURA LE PORTE DEI LED COME
                                       ; USCITE
0228:  8D 02 A0        STA  DDRB
```

Figura 10.12: Programma del blackjack

```
022B:  D8                CLD
022C:  A9 05             LDA #5          ; PONI A 5 IL PUNTEGGIO DEL GIOCATORE
022E:  85 C1             STA CHIPS
0230:  A9 00             LDA #0          ; AZZERA IL FLAG DONE
0232:  85 C0             STA DONE
                 ;
                 ; NUOVA MANO; IL DISPLAY È AZZERATO. SONO IMPOSTATI
                 ; I VALORI INIZIALI DI ENTRAMBE LE MANI ED I LED
                 ; CORRISPONDENTI.
                 ;
0234:  85 C2     START   STA MASKA       ; AZZERA LA MASCHERA DI LAMPEGGIO; SI
                                         ; ASSUME
0236:  85 C3             STA MASKB       ; CHE L'ACCUMULATORE CONTENGA ZERO
0238:  8D 01 A0          STA PORTA       ; AZZERA I LED
023B:  8D 00 A0          STA PORTB
023E:  85 CD             STA WHOWON      ; AZZERA IL FLAG DELLA MANO
0240:  20 0F 03          JSR BLINKR      ; IMPOSTA IL LAMPEGGIO DI UN LED
                                         ; CASUALE
0243:  85 C4             STA PHAND       ; MEMORIZZA LA MANO DEL GIOCATORE
0245:  20 F7 02          JSR LIGHTR      ; IMPOSTA UN LED CASUALE STAZIONARIO
0248:  85 C5             STA CHAND       ; MEMORIZZA LA MANO DEL COMPUTER
                 ;
                 ; INGRESSO DI TASTO: 'A' È UNA BATTUTA. 'C' È IL TURNO DEL COM-
                 ; PUTER E TUTTI GLI ALTRI TASTI VENGONO IGNORATI
                 ;
024A:  20 00 01  ASK     JSR GETKEY      ; ACCETTA UN NUOVO INGRESSO
024D:  C9 0A             CMP # $0A       ; IL GIOCATORE ESEGUE UNA BATTUTA?
024F:  F0 07             BEQ HITPLR      ; SI, SALTA
0251:  C9 0C             CMP # $0C       ; È IL TASTO 'TURNO DEL COMPUTER'?
0253:  F0 12             BEQ DEALER      ; SI
0255:  4C 4A 02          JMP ASK         ; TASTO ERRATO, PROVA ANCORA

0258:  20 0F 03  HITPLR  JSR BLINKR      ; IMPOSTA UN TEST CASUALE
025B:  18                CLC
025C:  65 C4             ADC PHAND       ; AVANZAMENTO MANO DEL COMPUTER
025E:  85 C4             STA PHAND
0260:  C9 0E             CMP #14         ; CONTROLLA MANO
0262:  90 E6             BCC ASK         ; SE <= 13, OK
0264:  4C 87 02          JMP LOSE        ; SBALLATO, BUSTED, VIA ALLA ROUTINE
                                         ; DI SCONFITTA
                                         ;
0267:  20 5D 03  DEALER  JSR DELAY       ; ESECUZIONE DEL RITARDO DELLA
                                         ; ROUTINE
026A:  A5 C5             LDA CHAND       ; IL COMPUTER È FUORI LIMITE?
026C:  C9 0A             CMP #10
026E:  B0 0F             BCS WINNER      ; SI, RAPPRESENTA IL VINCITORE
0270:  20 F7 02          JSR LIGHTR      ; NO, IMPOSTA UN LED CASUALE
0273:  18                CLC
0274:  65 C5             ADC CHAND       ; AVANZAMENTO MANO DEL COMPUTER
0276:  85 C5             STA CHAND
0278:  C9 0E             CMP #14         ; MANO È <= 13?
027A:  90 EB             BCC DEALER      ; SI, UN'ALTRA BATTUTA?
027C:  4C 92 02          JMP WIN         ; BUSTED, VINCE IL GIOCATORE
                 ;
                 ; DETERMINA IL VINCITORE: AVANZA IL PUNTEGGIO DI VITTORIA E
                 ; SCONFITTA. DETERMINARE SE IL GIOCATORE HA VINTO O HA PERSO
                 ; IL GIOCO. VIENE IMPOSTATO IL FLAG "WOWON" PER INDICARE CHI
                 ; VINCE LA PARTICOLARE MANO. SE LE MANI SONO UGUALI, NON
                 ; CAMBIA NULLA.
                 ;
027F:  A5 C5     WINNER  LDA CHAND       ; CONFRONTA LE MANI
```

Figura 10.12: Programma del blackjack (continua)

```
0281:  C5 C4              CMP PHAND
0283:  F0 19              BEQ SCORER     ; SONO UGUALI, NESSUNA VARIAZIONE
0285:  90 0B              BCC WIN        ; LA MANO DEL GIOCATORE È MAGGIORE
0287:  C6 CD      LOSE    DEC WHOWON     ; ROUTINE DI SCONFITTA
0289:  C6 C1              DEC CHIPS      ; AVANZAMENTO PUNTEGGIO
028B:  D0 11              BNE SCORER     ; IL GIOCATORE HA FINITO I GETTONI?
028D:  C6 C0              DEC DONE       ; SI, IMPOSTA AD 1 IL FLAG DI FINE
                                         ; GIOCO: SCONFITTA
028F:  4C 9E 02           JMP SCORER
0292:  E6 CD      WIN     INC WHOWON     ; ROUTINE DI VITTORIA
0294:  E6 C1              INC CHIPS      ; AVANZA IL PUNTEGGIO
0296:  A5 C1              LDA CHIPS      ; SOMMA LE VINCITE
0298:  C9 0A              CMP #10        ; SE GETTONI = 10, PONI AD 1 IL FLAG DI
                                         ; FINE GIOCO
029A:  D0 02              BNE SCORER     ;
029C:  E6 C0              INC DONE       ; PONI AD 1 IL FLAG DI FINE GIOCO:
                                         ; VITTORIA
                  ;
                  ; VISUALIZZA IL PUNTEGGIO ACCENDENDO UNO DEI 10 LED. LA RIGA
                  ; IN BASSO DI LED MOSTRA CHI VINCE LA MANO. VIENE ESEGUITO UN
                  ; TEST DI FINE GIOCO, IN CASO AFFERMATIVO, VENGONO MOSTRATI
                  ; I LED ED IL PROGRAMMA TERMINA. SI ASSUME CHE L'INDIRIZZO DEL
                  ; MONITOR SIA NELLO STACK.
                  ;
029E:  20 00 01   SCORER JSR GETKEY      ; CONSERVA L'ULTIMA SITUAZIONE
                                         ; DELLE CARTE
02A1:  A9 00              LDA #0         ; AZZERA I LED
02A3:  85 C2              STA MASKA
02A5:  85 C3              STA MASKB
02A7:  8D 01 A0           STA PORTA
02AA:  8D 00 A0           STA PORTB
02AD:  A6 C1              LDX CHIPS      ; VISUALIZZA IL NUMERO DI GETTONI
02AF:  F0 18              BEQ ENDER      ; AGGIUSTA IN MODO CHE LA SUBROUTINE
                                         ; POSSA
02B1:  CA                 DEX            ; IMPOSTARE IL LED CORRETTO
02B2:  8A                 TXA
02B3:  20 12 03           JSR SETMASK
                                         ;
02B6:  A5 CD              LDA WHOWON     ; VEDI CHI VINCE LA MANO
02B8:  F0 0F              BEQ ENDER      ; PAREGGIO - NON VARIARE I LED
02BA:  30 05              BMI SC
02BC:  A9 0E              LDA # $0E      ; VINCE IL GIOCATORE - ACCENDI I TRE
                                         ; LED DI SINISTRA
02BE:  4C C3 02           JMP SC0
02C1:  A9 B0      SC      LDA # $B0      ; IL GIOCATORE PERDE - ACCENDI I TRE
                                         ; LED DI DESTRA
02C3:  0D 00 A0   SC0     ORA PORTB      ; IMPOSTA LA PORTA DEI LED
02C6:  8D 00 A0           STA PORTB
02C9:  20 5A 03   ENDER   JSR DELAY2     ; CONSERVA LA VISUALIZZAZIONE
                                         ;
02CC:  A5 C0              LDA DONE       ; CONTROLLA LA CONDIZIONE DI FINE
                                         ; GIOCO
02CE:  D0 03              BNE EN0
02D0:  4C 34 02           JMP START      ; ZERO, INIZIO NUOVA MANO
02D3:  10 06      EN0     BPL EN1        ; $01, CONDIZIONE VINCENTE
02D5:  A9 BE              LDA # $BE      ; IMPOSTA UNA RIGA PIENA DI LED
02D7:  8D 00 A0           STA PORTB
02DA:  60                 RTS            ; RITORNO AL MONITOR


02DB:  A9 FF      EN1     LDA # $FF      ; IMPOSTA IL QUADRATO DI LAMPEGGIO
02DD:  85 C2              STA MASKA
```

Figura 10.12: Programma del blackjack (continua)

```
02DF:  A9 01              LDA  # $01
02E1:  85 C3              STA  MASKB
02E3:  60                 RTS                 ; RITORNO AL MONITOR
                                              ;
                  ;
                  ;       --SUBROUTINE--
                  ;
                  ;
                  ; PONI UN BIT NELL'ACCUMULATORE: ENTRA CON UN VALORE LOGICO
                  ; I.E. 0-9 NELL'ACC. ESCI CON UN VALORE NUMERICO (1-10) IN Y, ED IL
                  ; BIT POSIZIONATO NELL'ACCUMULATORE
                  ;
02E4:  A8         SETBIT  TAY                 ; SALVA IL NUMERO LOGICO
02E5:  C9 08              CMP #8              ; DELIMITA IL VALORE 0-7
02E7:  90 02              BCC SB0
02E9:  E9 08              SBC #8              ; ... SOTTRAI SE > 7
02EB:  AA         SB0     TAX                 ; IMPOSTA IL REGISTRO INDICE
02EC:  38                 SEC                 ; PREPARA IL BIT ALLA ROTAZIONE
02ED:  A9 00              LDA #0
02EF:  2A         SBLOOP  ROL A               ; MUOVI IL BIT IN POSIZIONE
02F1:  10 FC              BPL SBLOOP
02F3:  C8                 INY                 ; RENDI Y NUMERICO, NON LOGICO
02F4:  C0 09              CPY #9              ; PONI AD 1 IL CARRY, PER LA PORTA B, C=1
02F6:  60                 RTS                 ;
                  ;
                  ; LIGHTR: ACCENDE UN LED CASUALE STAZIONARIO CHE NON
                  ; SIA GIA' ACCESO UN NUMERO CASUALE, QUINDI PONE IL BIT NELLA
                  ; PORTA CORRETTA, IL VALORE NUMERICO DEL BIT VIENE POSTO
                  ; NELL'ACCUMULATORE ALL'ATTO DELL'USCITA
                  ;
02F7:  20 23 03   LIGHTR  JSR  RANDOM         ; ACCETTA NUMERO CASUALE
02FA:  20 E4 02           JSR  SETBIT         ; ACCETTA IL BIT POSIZIONATO
                                              ; NELL' ACC.
02FD:  B0 08              BCS  LL0            ; SALTA SE PREDISPOSTA PORTA B
02FF:  0D 01 A0           ORA  PORTA          ; ACCENDI IL LED NELLA PORTA A
0302:  8D 01 A0           STA  PORTA
0305:  98                 TYA                 ; RIPRISTINA IL VALORE NUMERICO
0306:  60                 RTS
0307:  0D 00 A0   LL0     ORA  PORTB          ; ACCENDI IL LED NELLA PORTA B
030A:  8D 00 A0           STA  PORTB
030D:  98                 TYA                 ; RIMEMORIZZA VALORE NUMERICO
030E:  60                 RTS
                  ;
                  ; BLINKER: ACCENDE IN MODO LAMPEGGIANTE UN LED PRECEDENTE-
                  ; MENTE SPENTO ALL'USCITA IL VALORE NUMERICO DEL LED È NEL-
                  ; L'ACC. ACCETTA UN NUMERO CASUALE, QUINDI LO FORNISCE ALLA
                  ; ROUTINE SETMASK PER LAMPEGGIARE IL LED APPROPRIATO.
                  ; SETMASK: ENTRA CON UN VALORE LOGICO E LA ROUTINE ACCENDE
                  ; IN MODO LAMPEGGIANTE IL LED CORRETTO. SI ESCE CON IL VALORE
                  ; NUMERICO DEL LED DELL'ACCUMULATORE.
                  ;
030F:  20 23 03   BLINKR  JSR  RANDOM         ; ACCETTA IL NUMERO CASUALE
0312:  20 E4 02   SETMASKLSR  SETBIT
0315:  B0 06              BCS  BL0            ; SE PREDISPOSTA PORTA B
0317:  05 C2              ORA  MASKA          ; PONI MASKA
0319:  85 C2              STA  MASKA
```

Figura 10.12: Programma del blackjack (continua)

```
031B:  98                 TYA              ; RIMEMORIZZA IL VALORE NUMERICO
031C:  60                 RTS
031D:  05 C3     BL0      ORA MASKB        ; PONI MASKB
031F:  85 C3              STA MASKB
0321:  98                 TYA
0322:  60                 RTS              ;

                 ; GENERA UN NUMERO CASUALE DA 0 A 9 CHE NON SIA IL NUMERO
                 ; DI UN LED GIA' ACCESO. ALL'USCITA IL RISULTATO È
                 ; NELL'ACCUMULATORE
                 ;
0323:  20 47 03  RANDOMJSR RANDER         ; ACCETTA NUMERO DA 0 A 255
0326:  29 0F              AND # $0F        ; MASCHERA IL NIBBLE DI ORDINE
                                           ; ELEVATO
0328:  C9 0A              CMP #10          ; LIMITA DA 0 A 9
032A:  B0 F7              BCS RANDOM
032C:  20 E4 02           JSR SETBIT       ; POSIZIONA IL BIT
032F:  85 C6              STA TEMP         ; SALVALO
0331:  B0 08              BCS RN0          ; DETERMINA PORT A OPPURE B
0333:  A5 C2              LDA MASKA        ; COMBINA PORT E MASK
0335:  0D 01 A0           ORA PORTA
0338:  4C 40 03           JMP RN1
033B:  A5 C3     RN0      LDA MASKB        ; COMBINA PORT E MASK
033D:  0D 00 A0           ORA PORTB
0340:  25 C6     RN1      AND TEMP         ; OSSERVA IL BIT SPECIFICO
0342:  D0 DF              BNE RANDOM       ; SE BIT GIA' USATO, PROVA ANCORA
0344:  88                 DEY              ; RENDI Y LOGICO
0345:  98                 TYA              ; ESCI CON VALORE IN ACCUMULATORE
0346:  60                 RTS
                 ;
                 ; GENERA UN NUMERO CASUALE DA 0 A 255. USA I NUMERI A, B, C, D, E,
                 ; F
                 ; MEMORIZZATI DA RND AD RND+5. SOMMA B+E+F+1 E PONI IL
                 ; RISULTATO IN A, QUINDI FA SCORRERE A IN B, B IN C, ECC.
                 ; ALL'USCITA IL NUMERO CASUALE È NELL'ACCUMULATORE.
                 ;
0347:  38        RANDER SEC               ; CARRY AGGIUNGE 1
0348:  A5 C8              LDA RND+1        ; SOMMA B, D, F
034A:  65 CB              ADC RND+1
034C:  65 CC              ADC RND+5
034E:  85 C7              STA RND
0350:  A2 04              LDX #4           ; SCORRIMENTO IN AVANTI DEI NUMERI
0352:  B5 C7     RDLOOP LDA RND,X
0354:  95 C8              STA RND+1,X
0356:  CA                 DEX
0357:  10 F9              BPL RDLOOP
0359:  60                 RTS
                 ;
                 ; CICLO DI RITARDO: IL RITARDO DI DELAY2 È SEMPLICEMENTE DOPPIO
                 ; DI DELAY. IL CICLO ASSEGNATO HA UN RITARDO DI CIRCA 0,5 SEC.
                 ;
035A:  20 5D 03  DELAY2 JSR DELAY
035D:  A9 FF     DELAY  LDA # $FF          ; IMPOSTA IL VALORE PER I CICLI
035F:  A8                TAY
0360:  AA        D0      TAX
0361:  CA        D1      DEX
0362:  A9 FF             LDA # $FF
0364:  D0 FB             BNE D1
0366:  88                DEY
0367:  D0 F7             BNE D0
0369:  60                RTS
```

Figura 10.12: Programma del blackjack (continua)

```
                    ;
                    ; ROUTINE DI INTERRUPT: OR ESCLUSIVO DELLE PORTE D'USCITA
                    ; CON LE CORRISPONDENTI MASCHERE DI LAMPEGGIO OGNI VOLTA
                    ; CHE
                    ; SI HA IL TIME OUT DEL TIMER PER LAMPEGGIARE I LED SELEZIONATI.
                    ; NESSUN REGISTRO VIENE CAMBIATO ED IL FLAG DI INTERRUPT
                    ; VIENE AZZERATO PRIMA DELL'USCITA.
                    ;
                    .       = $03EA
03EA:  48           PHA                 ; SALVA L'ACCUMULATORE
03EB:  AD 01  A0    LDA  PORTA          ; COMPLEMENTA LE PORTE CON LE
                                        ; MASCHERE
03EE:  45  C2       EOR  MASKA
03F0:  8D 01  A0    STA  PORTA
03F3:  AD 00  A0    LDA  PORTB
03F6:  45  C3       EOR  MASKB
03F8:  8D 00  A0    STA  PORTB
03FB:  AD 04  A0    LDA  T1LL           ; AZZERA IL BIT DI INTERRUPT DEL TIMER
03FE:  68           PLA                 ; RIMEMORIZZA L'ACCUMULATORE
03FF:  40           RTI
```

SYMBOL TABLE.

ACCESS	8B86	INTVECL	A67E	INTVECH	A67F
IER	A00E	ACR	A00B	T1LL	A004
T1CH	A005	DDRA	A003	DDRB	A002
PORTA	A001	PORTB	A000	MASKA	00C2
MASKB	00C3	CHIPS	00C1	DONE	00C0
PHAND	00C4	CHAND	00C5	TEMP	00C6
RND	00C7	WHOWON	00CD	GETKEY	0100
BLJACK	0200	START	0234	ASK	024A
HITPLR	0258	DEALER	0267	WINNER	027F
LOSE	0287	WIN	0292	SCORER	029E
SC	02C1	SC0	02C3	ENDER	02C9
EN0	02D3	EN1	02DB	SETBIT	02E4
SB0	02EB	SBLOOP	02EF	LIGHTR	02F7
LL0	0307	BLINKR	030F	SETMASK	0312
BL0	031D	RANDOM	0323	RN0	033B
RN1	0340	RANDER	0347	RDLOOP	0352
DELAY2	035A	DELAY	035D	D0	0360
D1	0361				

Figura 10.12: Programma del blackjack

CAPITOLO 11

TIC-TAC-TOE

LE REGOLE

Il Tic-Tac-Toe è un gioco che viene eseguito su un quadrato di tre per tre caselle. Il simbolo a disposizione del giocatore è una "O", mentre per il computer si usa una "X". I giocatori muovono a turno, il primo giocatore che riesce ad allineare tre simboli (orizzontale, verticale oppure diagonale) è il vincitore del gioco. La Fig. 11.1 riporta una delle otto possibili combinazioni vincenti. Un LED acceso fisso sarà impiegato per visualizzare una "X", cioè la mossa del computer, mentre un LED lampeggiante, visualizzerà una "O", cioè la mossa del giocatore.

Possono fare la prima mossa sia il giocatore che il computer. Se il giocatore decide di muovere per primo, deve premere il tasto "F". Se deve muovere per primo il computer, deve essere premuto un qualsiasi altro tasto perchè il computer stesso inizi il gioco. Alla fine di ciascun gioco si avrà uno start automatico. Il computer è dotato di una variabile IQ (intelligenza) il cui valore va da uno a quindici. Ogni volta che il computer vince, il suo livello IQ viene ridotto di un'unità. Ogni volta che vince il giocatore, il livello IQ del computer viene aumentato di un'unità. In questo modo ogni giocatore ha la possibilità di vincere. Ogni volta che vince il giocatore viene emesso un suono acuto, ogni volta che perde ne viene emesso uno basso.

UNA GIOCATA TIPICA

Il display è inizialmente spento. Lasciamo la partenza al computer. Imponiamo questo premendo un tasto qualsiasi, eccetto il tasto "F". (Se premiamo il tasto "F", allora la prima mossa tocca al giocatore.) Cominciamo premendo "O". Dopo una breve pausa il computer risponde con un "chirp" (cinguettio) ed esegue la sua mossa. (Vedere Fig. 11.2)

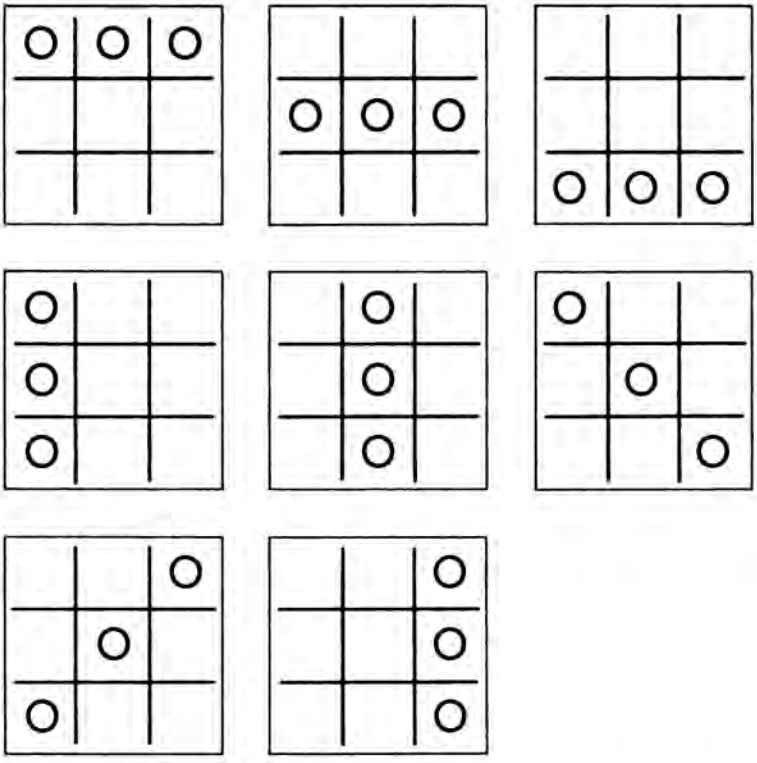


Figura 11.1: Combinazioni vincenti per un giocatore al tic-tac-toe

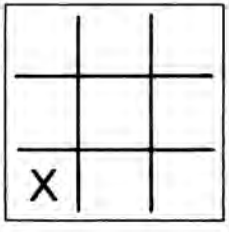


Figura 11.2: Prima mossa del computer

Una "X" viene impiegata per indicare le mosse del computer, una "0" denoterà le nostre mosse. Nelle figure mostrate dei LED spenti si useranno degli spazi bianchi.

Ci muoviamo al centro ed occupiamo la posizione 5. (Vedere Fig. 11.3). Premiamo il tasto "5". L'istante successivo si accende il LED # 1 e viene emesso un chirp per indicare che è di nuovo il nostro turno. La scheda è mostrata in Fig. 11.4.

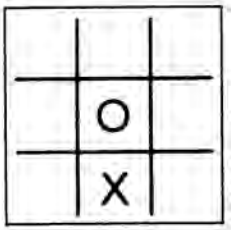


Figura 11.3: La nostra prima mossa

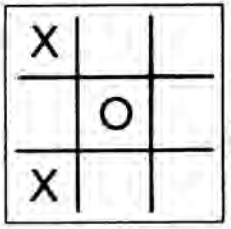


Figura 11.4: Seconda mossa del computer

È ora il nostro turno e dovremo bloccare il computer per prevenire il completamento di una colonna vincente. Occupiamo la posizione 4. Premiamo il tasto "4". L'istante successivo si accende il LED #6 e viene emesso un chirp. La situazione è mostrata in Fig. 11.5.

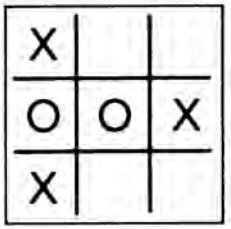


Figura 11.5: Dopo la terza mossa del computer

Occupiamo la posizione 2. Il computer risponde occupando la posizione 8 (Fig. 11.6) Preveniamo il computer dal completare una riga vincente occupando la posizione 9. Il computer risponde occupando la posizione 3 (Fig. 11.7). È una situazione di pareggio. Nessuno vince, tutti i LED sulla scheda lampeggiano per un momento e poi si spengono. Si può iniziare con un altro gioco.

X	O	
O	O	X
X	X	

Figura 11.6: Dopo la quarta mossa del computer

X	O	X
O	O	X
X	X	O

(PAREGGIO)

Figura 11.7: Dopo la quinta mossa del computer

Un altro gioco

Questa volta vogliamo partire e, possibilmente, vincere ! Premiamo "F" per iniziare il gioco. Viene emesso un chirp per conferma che è il nostro turno. Giochiamo nella posizione 5. Il computer risponde occupando la posizione 3. Viene emesso un chirp per avvisarci che dobbiamo giocare ancora. La situazione è mostrata in Fig. 11.8. Occupiamo la posizione 4. Il computer risponde occupando il quadrato 6 (Fig. 11.9). Questa volta dobbiamo bloccare il computer dal completare la colonna di destra, occupiamo la posizione 9. Il computer risponde muovendo nel

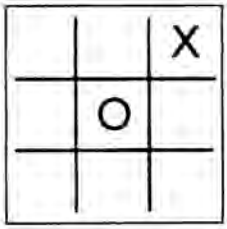


Figura 11.8: Mossa 1

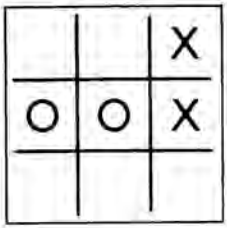


Figura 11.9: Mossa 2

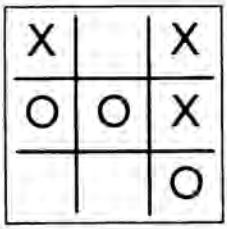


Figura 11.10: Mossa 3

quadrato 1, impedendoci di completare una diagonale. Questa situazione è mostrata in Fig. 11.10. Dobbiamo impedire al computer di completare la riga in alto; quindi occupiamo la posizione 2. Il computer risponde occupando la posizione 8. Questo è mostrato in Fig. 11.11. Facciamo la mossa che termina il gioco nel quadrato 7. Si tratta di un pareggio: non siamo riusciti a battere il computer.

Poichè il computer è "abbastanza astuto" da occupare la posizione sulle diagonali dopo che abbiamo occupato la posizione centrale, non

X	O	X
O	O	X
	X	O

Figura 11.11: Mossa 4

siamo riusciti a vincere. Nota: se ripetiamo più volte il tentativo, qualche volta il computer occuperà una delle posizioni laterali (2, 4, 6 oppure 8) anzichè una delle posizioni d'angolo ed in questo caso avremo la possibilità di vincere. Ecco un esempio.

Occupiamo la posizione centrale. Il computer risponde muovendo nella posizione 6. La situazione è rappresentata in Fig. 11.12. Occupiamo il quadrato 1; il computer muove nel quadrato 9 (Fig. 11.13). Muoviamo al quadrato 3; il computer muove al quadrato 7. (Fig. 11.14).

	O	X

Figura 11.12: Mossa 1

O		
	O	X
		X

Figura 11.13: Mossa 2

Questa volta abbiamo la mossa vincente giocando nel quadrato 2. La situazione è mostrata in Fig. 11.15. Notate che, se iniziamo il gioco e se giochiamo bene, il risultato può essere un pareggio oppure una vittoria. Nel gioco del Tic-Tac-Toe, chi inizia non può perdere se non commette errori grossolani.

O		O
	O	X
X		X

Figura 11.14: Mossa 3

O	O	O
	O	X
X		X

Figura 11.15: "Abbiamo vinto!"

L'ALGORITMO

L'algoritmo del programma Tic-Tac-Toe è il più complesso di quelli progettati fino ad ora. Esso appartiene al dominio della cosiddetta "intellingenza artificiale". Questo termine viene impiegato per denotare il fatto che le funzioni eseguite dal programma sono una duplicazione dell'attività mentale comunemente chiamata "intelligenza". La progettazione di un buon algoritmo per questo gioco con l'occupazione di un piccolo spazio di memoria non è un problema banale. Storicamente sono stati proposti numerosi algoritmi e se ne possono ottenere molto altri. In questa sede esamineremo in dettaglio due strategie e quindi ne selezioneremo ed implementeremo una. Suggeriremo degli esercizi addizionali per altre possibili strategie.

Strategia per decidere la mossa successiva

Per determinare la mossa successiva eseguita dal computer possono essere utilizzate numerose strategie. L'approccio più diretto potrebbe essere quello di memorizzare tutte le possibili configurazioni ed esaminare il miglior responso. Questo è il miglior metodo da impiegare da un punto di vista matematico dell'analisi in quanto la miglior mossa possibile è sicuramente quella eseguita di volta in volta. In questo caso si tratta anche di un approccio, in quanto il numero di combinazioni in una matrice 3 × 3 è limitato. Comunque, avendo già imparato in altri giochi l'esecuzione di tabelle di consultazione, un tale approccio non potrebbe insegnarci molto in materia di programmazione. Esso potrebbe anche essere considerato "non onesto". Quindi analizzeremo altri metodi applicabili ad una vasta gamma di giochi, oppure ad una matrice più grande.

Si possono proporre molte strategie. Per esempio, è possibile considerare una strategia *euristica* nella quale il computer *impara eseguendo.* In altre parole il computer migliora la sua tattica di gioco all'aumentare dei giochi eseguiti imparando dagli errori commessi. Questa è la strategia in cui le mosse iniziali eseguite dal computer sono casuali. Comunque, supposto che sia disponibile una quantità di memoria sufficiente, il computer ricorderà ogni mossa che è stata eseguita. Se esso è incappato in una sconfitta, le mosse che lo portano ad essa saranno respinte dal computer e considerate come mosse non giuste, quindi non saranno più impiegate nella stessa sequenza. Con il tempo e con un algoritmo "di apprendimento" ragionevole questo approccio si risolve nella costruzione di *tabelle di decisione*. Comunque, questo approccio assume che sia disponibile una grande quantità di memoria. Questo non è il nostro caso. Vogliamo progettare un programma che risieda in circa 1 K di memoria. Consideriamo un altro approccio.

Un altro approccio fondamentale consiste nella *valutazione della matrice* dopo ogni mossa. La matrice dovrebbe essere esaminata da due punti di vista: primo, se ci sono due "O" allineate, è importante bloccarle per evitare che possa essere ottenuta una vittoria con una mossa successiva. Inoltre ogni volta si dovrebbe esaminare la configurazione della matrice in funzione di una *vittoria potenziale*: per esempio, se due "X" sono in una riga il programma deve muovere in modo da completare la riga ottenendo una vittoria. Naturalmente queste due situazioni sono molto semplici da rivelare. Il problema reale risiede nella valutazione potenziale di ogni quadrato della matrice in ogni situazione.

Un algoritmo analitico

A questo punto, mostreremo il processo impiegato per progettare un

algoritmo guidato da principi molto generali. Successivamente scopriremo la debolezza dell'algoritmo e lo miglioreremo. Questo ci servirà come esempio di un possibile approccio alla risoluzione del problema in una strategia di gioco.

Concetto generale

Il concetto fondamentale è di valutare il potenziale di ogni quadrato della matrice da due punti di vista: "vittoria" e "minaccia". Il *potenziale di vittoria* corrisponde alla possibilità di vincere giocando con un particolare quadrato. Il *potenziale di minaccia* è il potenziale di vittoria dell'avversario.

Dobbiamo preliminarmente decidere un modo per assegnare un valore numerico ad una combinazione di "O" ed "X" sulla matrice. Questo deve essere eseguito in modo da poter calcolare il valore strategico o "potenziale" di un quadrato della matrice.

Calcolo del valore

Per ogni riga (o colonna oppure diagonale) si possono verificare quattro configurazioni: -escludendo il caso in cui tutte e tre le posizioni siano già occupate e non possiamo eseguire una mossa su quella riga. Queste configurazioni sono mostrate in Fig. 11.16. La situazione "A" corrisponde al caso in cui tutti i tre quadrati sono vuoti. Chiaramente la situazione ha qualche possibilità ed assegnamo il valore "uno" ad ogni quadrato in questo caso. Il caso successivo è rappresentato nella riga "B" della Figura 11.16; esso corrisponde alla situazione in cui c'è già una "X" in quella riga. Se poniamo una seconda "X" in quella riga, potremmo essere molto vicini ad una vittoria. Questa è una situazione auspicabile che ha un valore maggiore dell'uno precedente. Quindi sommiamo "uno" al valore del quadrato libero per la presenza della "X"; il valore di ogni quadrato in questo caso sarà "due".

Consideriamo il caso "C" della Figura 11.16. nella quale abbiamo una "X" ed una "O". La configurazione non ha alcun valore perchè non saremo in grado di vincere in quella particolare riga. La presenza di una "O" porta il valore del quadrato rimanente a "zero".

Infine esaminiamo la situazione della riga "D" della Fig. 11.16, dove ci sono già due "X". Chiaramente questa è una situazione vincente dove si dovrebbe avere il valore più elevato. Assegnamole il valore "tre".

Il concetto successivo è che ogni quadrato sulla matrice appartiene ad una riga, una colonna e, possibilmente, ad una diagonale. Ogni quadrato dovrebbe perciò essere valutato in due o tre direzioni. Eseguiremo

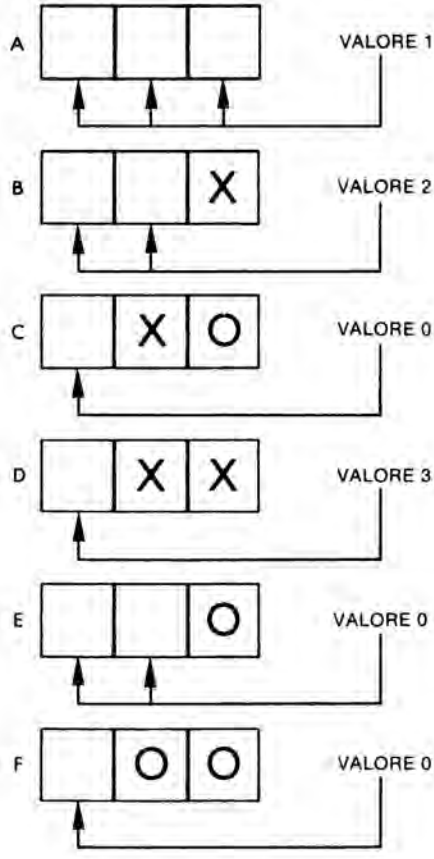


Figura 11.16: Le sei combinazioni

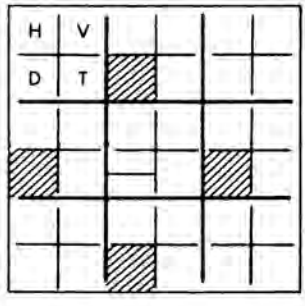


Figura 11.17: Reticolo di valutazione

questo e quindi totalizzeremo i potenziali di ogni direzione. Per semplicità utilizzeremo un reticolo di valutazione come mostrato in Fig. 11.17. Ogni quadrato di questo reticolo è stato suddiviso in quattro più piccoli. Questi quadrati interni vengono impiegati per visualizzare il potenziale di ciascun quadrato in ogni direzione. Il quadrato contrassegnato con "H" nella Fig. 11.17 verrà impiegato per valutare il potenziale di riga orizzontale. "V" sarà impiegato per il potenziale di colonna verticale mentre "D" verrà impiegato per il potenziale di diagonale. "T" verrà impiegato per il totale dei tre precedenti quadrati. Notate che non esiste un valore diagonale per quattro quadrati sulla matrice. Questo perchè essi non si trovano su diagonali. Inoltre notate che il quadrato al centro ha due valori diagonali in quanto si trova all'intersezione delle due diagonali.

Una volta che il nostro algoritmo ha calcolato i potenziali di vittoria e di minaccia totali, deve decidere qual'è il miglior quadrato in cui effettuare una mossa. La soluzione ovvia è quella di muovere al quadrato avente il più alto potenziale di vittoria o di minaccia.

Ora determineremo il valore del nostro algoritmo in alcuni casi reali. Considereremo alcune configurazioni tipiche della matrice e le valuteremo impiegando i nostri algoritmi per valutare se le mosse che essi generano hanno senso.

Un test dell'algoritmo iniziale

Osserviamo la Fig. 11.18. In questo situazione è il turno del giocatore ("O"). Valuteremo la matrice da due punti di vista: potenziale per "X" e minaccia per "O". Quindi selezioneremo il quadrato avente il totale più elevato nei due reticoli generati ed in questa posizione eseguiremo la nostra mossa.

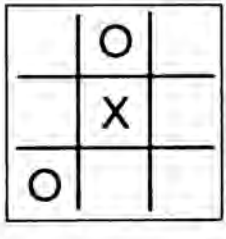


Figura 11.18: Caso di prova 1

Preliminarmente completiamo il reticolo di valutazione della prima riga. Poichè c'è una "O" nella prima riga, il potenziale orizzontale del giocatore è zero (riferimento alla riga "C" della Fig. 11.16 e consultazio-

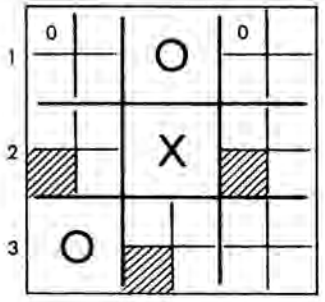


Figura 11.19: Reticolo di valutazione: potenziale della riga 1

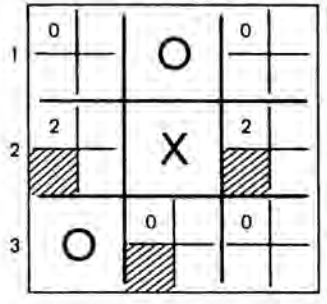


Figura 11.20: Valutazione del potenziale orizzontale

ne del valore di questa configurazione). Questo è indicato in Fig. 11.19. Osserviamo ora la riga 2; essa contiene due quadrati bianchi ed una "X". Con riferimento alla linea B della Fig. 11.16, il valore corrispondente è "due". Si entra alla locazione appropriata del reticolo, come mostrato in Fig.11.20. Infine, si esamina la terza riga ed, essendoci una "O" in essa, il potenziale di riga è "zero", come indicato in Fig. 11.20. Il processo viene quindi ripetuto per le tre colonne. Il risultato è indicato in Fig. 11.21.

Il valore di ogni quadrato della colonna 1 è "zero", essendoci una "O" in basso. Analogamente anche per la colonna 2 il valore è "zero", mentre per la colonna 3 è "uno" per ogni quadrato, essendo tutti i tre quadrati liberi. (Riferimento alla linea A della Fig. 11.16)

Il processo viene ripetuto per le due diagonali ed i risultati sono mostrati in Fig. 11.22. Infine viene calcolato il quadrato di ogni totale. I risultati sono mostrati in Fig. 11.23. Ricordate che il totale appare nell'angolo in fondo a destra di ciascun quadrato.

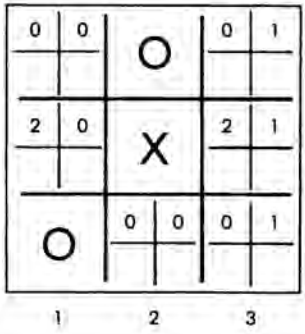


Figura 11.21: Valutazione del potenziale verticale

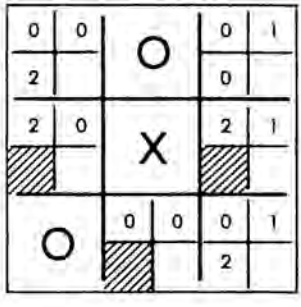


Figura 11.22: Valutazione del potenziale diagonale

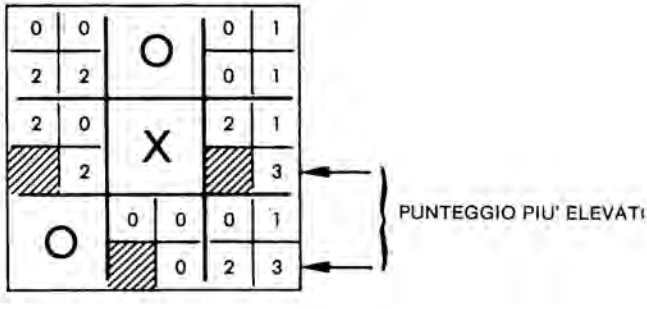


Figura 11.23: Il potenziale finale

È possibile vedere a questo punto che due quadrati (indicati con una freccia in Fig. 11.23) hanno il totale più elevato, "tre". Questo indica dove dovremmo giocare. Un momento! Non abbiamo ancora esaminato la minaccia, cioè il potenziale del nostro avversario "O".

Valuteremo ora la minaccia derivante da "O", calcolando nuovamente il potenziale di ogni quadrato della matrice, ma questa volta dal punto di vista delle "O". I valori delle posizioni per le sei combinazioni significative sono indicati in Fig. 11.24. Quando applicheremo questa strategia al nostro quadrato il punteggio più elevato è quello indicato dalla freccia. Il punteggio è "quattro" ed è quello più elevato dei due quadrati precedentemente determinati valutando il potenziale di "X".

Impiegando il nostro algoritmo, decidiamo che si dovrebbe muovere nel quadrato 1, come indicato in Fig. 11.26.

Verifichiamo se questa è veramente la mossa appropriata assumendo che ogni giocatore esegua la miglior mossa possibile. La Fig. 11.27 riporta un possibile sviluppo del gioco. Il risultato è un pareggio.

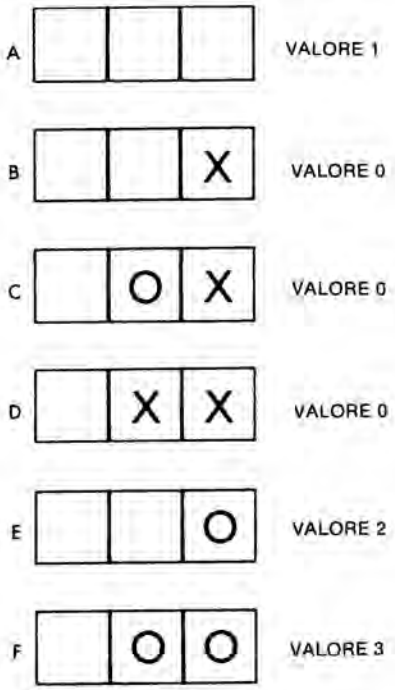


Figura 11.24: Valutazione per "O"

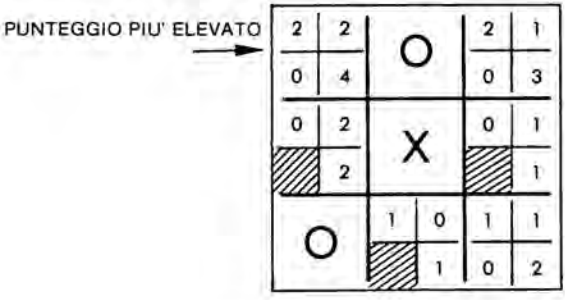


Figura 11.25: Valutazione del potenziale

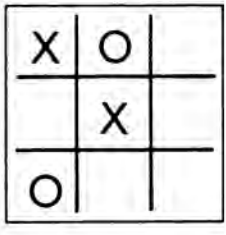


Figura 11.26: Mossa secondo il punteggio più elevato

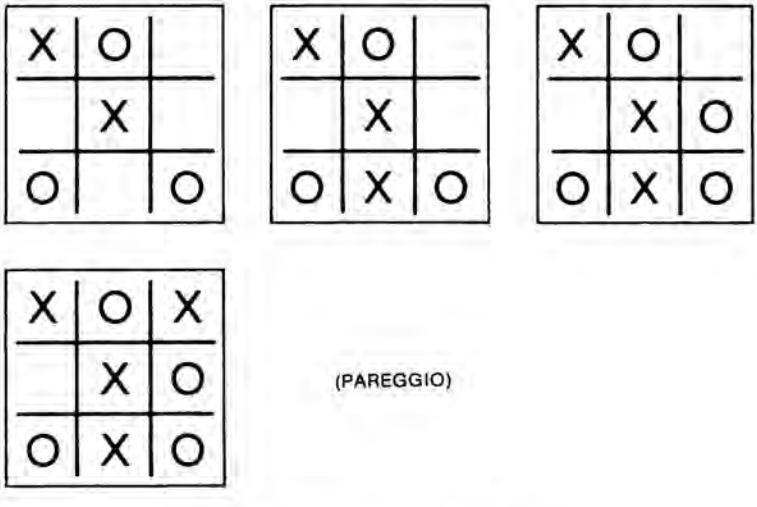


Figura 11.27: Conclusione del gioco

Esaminiamo ora cosa sarebbe successo se non avessimo calcolato la minaccia e giocato solo secondo il potenziale più elevato di "X", come mostrato in Fig. 11.23. Questa alternativa porta a terminare il gioco come in Fig. 11.28. Anche questo gioco si risolve in un pareggio. In questo caso quindi il quadrato con il valore "quattro" non rappresenta in realtà il più alto valore strategico di quello avente valore "tre". Comunque il nostro algoritmo funziona.

Verifichiamo ora il nostro algoritmo in circostanze più difficili.

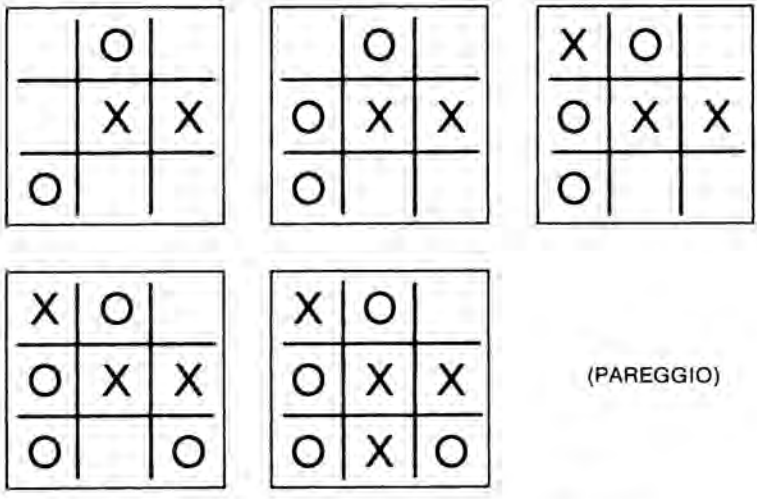


Figura 11.28: Una conclusione alternativa del gioco

Miglioramento dell'algoritmo

Per verificare il nostro algoritmo, dovremo considerare situazioni particolari in cui una mossa è la migliore. Per cominciare, assumiamo che sia il turno del giocatore. La prima situazione di controllo, valutata per "X", è mostrata in Fig. 11.29 ed il potenziale di "O" è riportato in Fig. 11.30. Questa volta si presenta un problema. Il potenziale totale più elevato per "X" è "quattro" nel quadrato d'angolo in basso a destra. Comunque, se il computer eseguisse qui la sua mossa, il giocatore vincerebbe! A questo punto il nostro algoritmo deve essere affinato.

Dovremmo notare che, se esistono già due "X" in una riga la configurazione dovrebbe generare un potenziale molto alto per il terzo quadrato. Dovremmo perciò assegnargli un valore "cinque" anzichè "tre" per

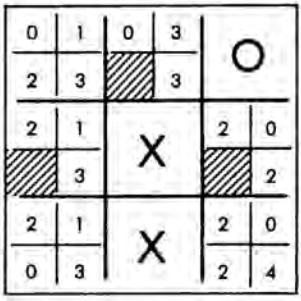


Figura 11.29: Test #1 valutato per "X"

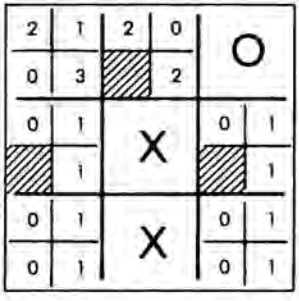


Figura 11.30: Test # 1 valutato per "O"

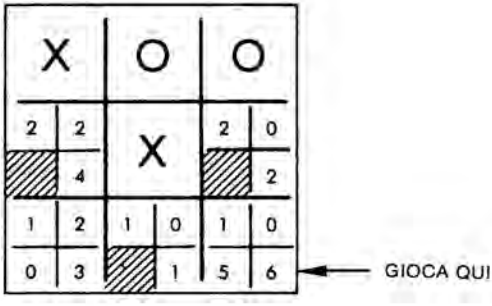


Figura 11.31: Test #2

assicurarci di muovere automaticamente in questa posizione. Abbiamo perciò individuato ed eseguito un miglioramento per il nostro algoritmo.

La seconda situazione di prova è mostrata in Fig. 11.31. Il nostro algoritmo assegna il valore "sei" al quadrato nell'angolo in basso a destra (come indicato da una freccia in Fig. 11.31). Questa è chiaramente la mossa corretta. Essa funziona! Ora verificheremo il miglioramento che abbiamo apportato.

La prima mossa

Quando la matrice è vuota, il nostro algoritmo deve decidere quale quadrato dovrebbe occupare per primo. Esaminiamo cosa fa questo algoritmo. (I risultati sono mostrati in Fig. 11.32) L'algoritmo sceglie sempre la posizione centrale. Questo è ragionevole. Comunque, si potrebbe dimostrare che questo non è indispensabile nel gioco del Tic-Tac-Toe. Infatti, può sembrare che il computer, muovendo sempre al centro, sia "noioso" o "manchi di immaginazione". Per questo è possibile fare qualcosa, come sarà mostrato nell'implementazione finale.

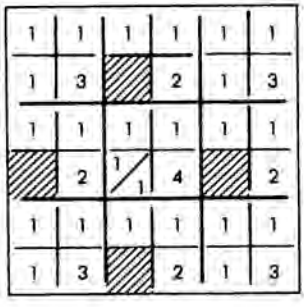


Figura 11.32: Mossa al centro

Un'altra prova

Verifichiamo un'altra semplice situazione. Questa situazione è mostrata in Fig. 11.33. Anche in questo caso la mossa raccomandata è ragionevole. La situazione opposta è mostrata in Fig. 11.34, che porta certamente ad una vittoria. In questo modo il nostro algoritmo sembra funzionare. Verifichiamo una nuova trappola.

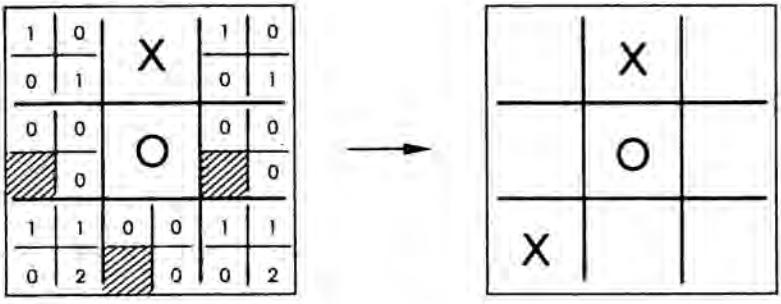


Figura 11.33: Una semplice situazione

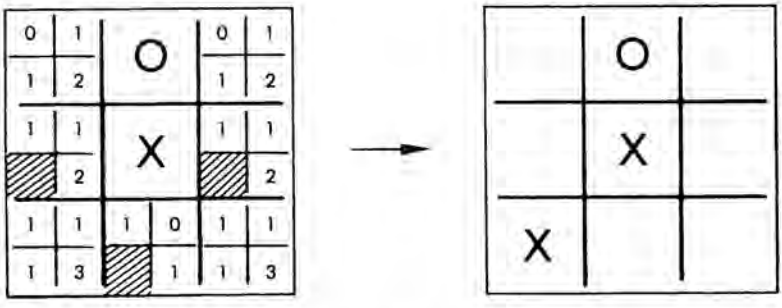


Figura 11.34: Una situazione inversa

Una trappola

La situazione è mostrata in Fig. 11.35. È il turno delle "X", impiegando il nostro algoritmo muoveremmo in uno dei due quadrati aventi il totale "quattro". Comunque, questa volta tale mossa sarebbe un errore! Infatti facendo tale mossa, la fine del gioco è mostrata in Fig. 11.36. Si può vedere che vince "O". La mossa di "X" è una scelta sbagliata visto che c'è un modo per ottenere almeno un pareggio. La mossa corretta, infatti, dovrebbe portare ad un pareggio come mostrato in Fig. 11.37. Questa volta il nostro algoritmo non ha funzionato. Eseguiamo una semplice analisi della causa: esso muove alla posizione di un quadrato di valore "quattro" corrispondente ad un alto livello di minaccia di "O", ma si lascia un altro quadrato con un valore di minaccia uguale non protetto (vedere Fig. 11.35). Fondamentalmente questo significa che, se

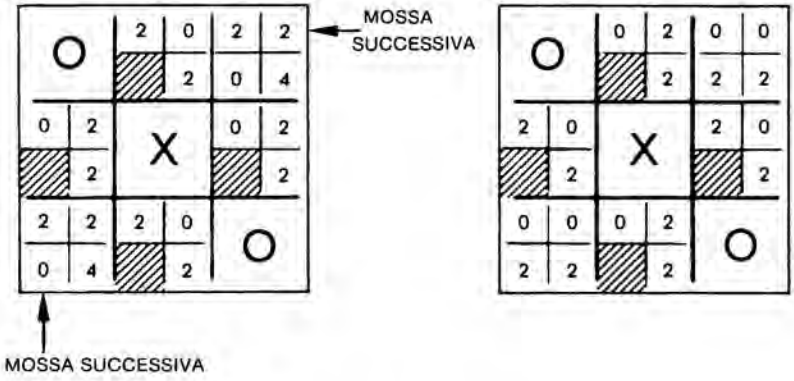


Figura 11.35: Trappola 3

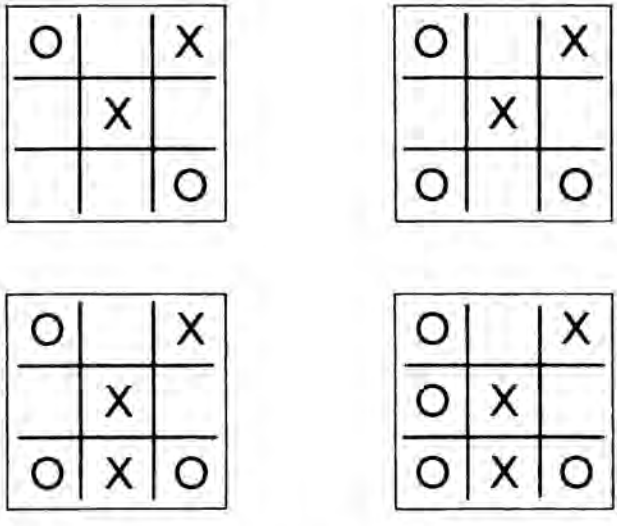


Figura 11.36: Fine del gioco

"O" è lasciato libero di muovere in un quadrato il cui potenziale di minaccia è uguale a "quattro", esso probabilmente vincerà. In altre parole, ogni volta che la minaccia imposta da "O" raggiunge una certa soglia, l'algoritmo dovrebbe considerare strategie alternative. In questo caso, la strategia dovrebbe essere quella di posizionare una "X" in un

quadrato che è orizzontalmente o verticalmente adiacente a quello precedente in modo da creare un'imminente "minaccia di sconfitta" per "O" e quindi forzare "O" a giocare nel quadrato richiesto. In breve, questo significa che l'algoritmo dovrebbe analizzare la situazione ulteriore o migliorare, analizzare la situazione di un livello più profondo, cioè un passo avanti. Questa è chiamata un'analisi a due passi.

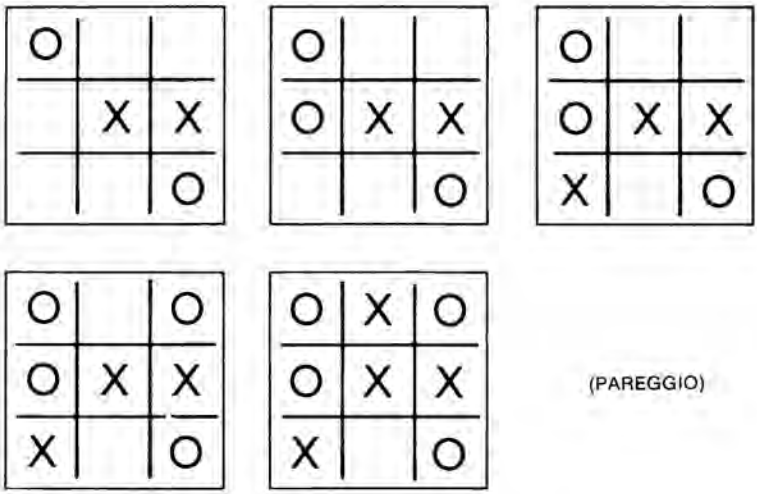


Figura 11.37: Una mossa corretta

In conclusione, il nostro algoritmo è semplice e generalmente soddisfacente. Comunque, in almeno un caso, Trappola 3 della Fig. 11.35, fallisce. Dobbiamo perciò in questo caso includere una considerazione speciale, oppure dobbiamo analizzare la situazione di un passo avanti ogni volta e guardare cosa succederebbe se posizioniamo una "X" oppure una "O" in ciascuno dei quadrati disponibili. Quest'ultima è chiaramente la soluzione più efficace. Idealmente dovremmo analizzare tutte le sequenze possibili finchè non si ottiene una situazione di fine gioco. La complessità di programmazione, la memoria richiesta ed il tempo necessario per analizzare le situazioni potrebbero, comunque, rendere impraticabile questo approccio. In un gioco più complesso, come gli scacchi, sarebbe necessario impiegare una tale analisi multipla. Per esempio, impiegando una tecnica di analisi a due passi per progettare un semplice gioco degli scacchi, potrebbe non essere molto interessante o molto buona. Potrebbe essere necessario impiegare una tecnica di analisi più dettagliata a tre, quattro o più passi in modo da migliorare il gioco.

Se non è possibile spingere la valutazione ad una profondità sufficiente, l'algoritmo deve essere dotato di procedure specifiche che possono rivelare questi casi speciali. Questo è il caso della programmazione *ad hoc*, che può essere considerata non corretta concettualmente ma che, in effetti, si risolve in un programma più breve e/o in minori richieste di memoria. In altre parole, è possibile riconoscere preventivamente una situazione speciale di un gioco e quindi è possibile scrivere una routine special-purpose (per scopi speciali) che terrà conto di queste situazioni. Il programma risultante generalmente sarà più breve di uno completamente generale. Comunque, questo tipo di programma, può essere realizzato soltanto se il programmatore dispone di una comprensione iniziale eccellente del gioco

Nel gioco del Tic-Tac-Toe il numero di combinazioni è limitato. Questo consente di esaminare tutte le possibili combinazioni che possono essere eseguite su di una matrice e determinare una procedura che tenga conto di tutti questi casi. Poichè la limitazione primaria in questo caso è la memoria disponibile, costruiamo un algoritmo *ad hoc* che realizzi questo in 1 K di memoria.

L'algoritmo ad hoc

Questo algoritmo assegna un valore ad ogni quadrato della matrice in dipendenza di chi ha eseguito la mossa. Inizialmente viene assegnato un valore "zero" ad ogni quadrato sulla matrice. Ogni volta che il giocatore occupa un quadrato, il valore corrispondente di quel quadrato diventa "uno". Ogni volta che il computer occupa un quadrato, il valore di questo quadrato diventa "quattro". Questo è illustrato in Fig. 11.38. Il valore "quattro" è stato scelto in modo che sia possibile conoscere la combinazione di mosse in quella riga, semplicemente osservando il totale di ogni riga. Per esempio, se una riga è formata da una sola mossa del giocatore e da due quadrati vuoti, la sua "somma di riga" è "uno". Se il giocatore ha giocato due volte, la "somma di riga" è "due". Se il giocatore ha giocato tre volte, la somma di riga è "tre". Poichè "tre" è il totale più elevato che può essere ottenuto in una riga dove ha giocato soltanto il giocatore, il valore "quattro" è stato assegnato ad una mossa del computer. Per esempio, se il valore di una riga è "cinque", sappiamo che c'è una mossa del computer ("X"), una mossa del giocatore ("O") ed un quadrato vuoto. Le sei strutture possibili sono mostrate in Fig. 11.38. Si può osservare facilmente che i lavori di somma di riga pari a "due" oppure "otto" sono situazioni vincenti. Un valore di somma di riga pari a "cinque" rappresenta una situazione bloccata, cioè che non ha alcun valore per il giocatore. Se non è possibile una situazione vincente, allora i

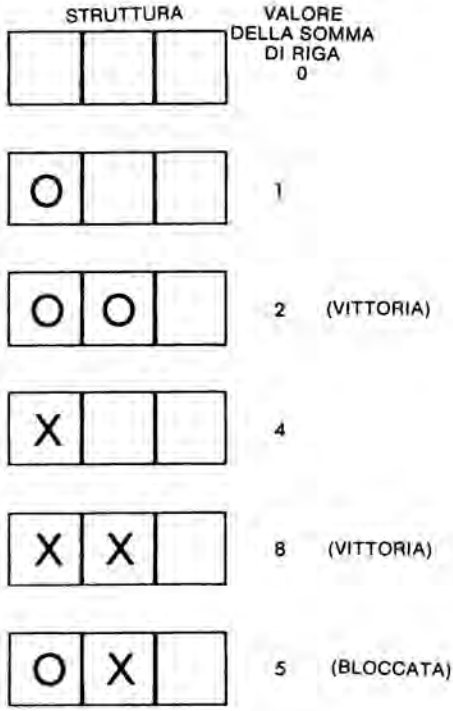


Figura 11.38: Somme di riga

potenziali migliori sono rappresentati da un valore "uno" oppure da un valore "quattro" in dipendenza del turno di gioco.

L'algoritmo è basato su tali osservazioni. Esso preliminarmente cercherà una situazione di vittoria controllando se esiste una somma di riga con valore "otto". In caso affermativo, verrà eseguita questa mossa. Altrimenti l'algoritmo controlla se ci si trova in una cosiddetta situazione di "trappola" nella quale due righe intersecantisi hanno ciascuna una mossa del computer nella posizione di intersezione e nient'altro (l'algoritmo viene sempre utilizzato a favore del computer). Questo è illustrato in Fig. 11.39. Esaminando la Fig. 11.39, risulta chiaro che ogni quadrato non occupato che appartiene a due righe aventi una somma di riga pari a "quattro" è una posizione di trappola dove l'algoritmo dovrebbe giocare. Questo è esattamente quello che fa.

Il diagramma di flusso completo delle analisi della matrice è mostrato in Fig. 11.40. Ora eseminiamolo più in dettaglio. Ricordate che, quando viene richiamato questo algoritmo, è sempre il turno del computer.

Da principio, esso controlla se esiste una vittoria immeditata. In pratica, esamineremo tutte le somme di riga e ne cercheremo una avente il totale di "otto". Questo corrisponde al caso in cui nella stessa riga ci sono due mosse del computer con il terzo quadrato non occupato. (Riferimento alla Fig. 11.38).

Successivamente controlleremo se esiste una possibile mossa vincente per il vincitore. Se il giocatore può vincere alla mossa successiva, l'algoritmo deve bloccare questa mossa. Per fare questo esso dovrebbe esplorare le somme di riga e vedere se ne esiste una avente un totale pari a "due", indicante una combinazione vincente per il giocatore. (Riferimento alla Fig. 11.38).

A questo punto l'algoritmo dovrebe controllare se il computer può giocare in una qualsiasi delle posizioni di trappola precedentemente definite. (Vedere un esempio nella Fig. 11.39).

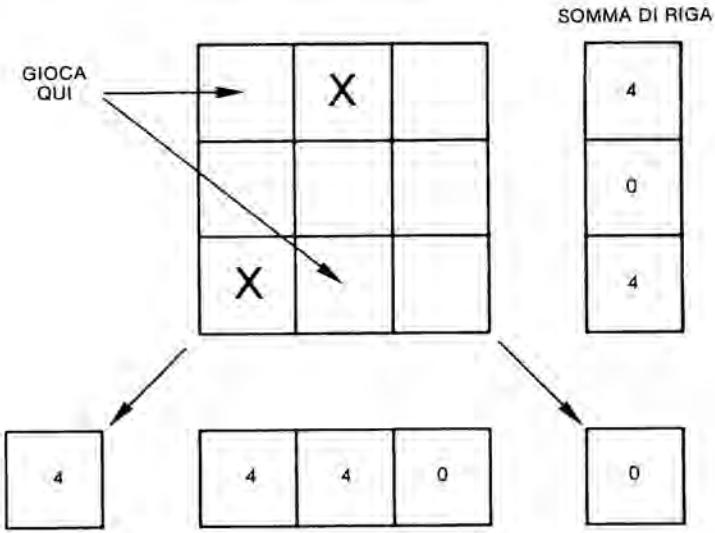


Figura 11.39: Una struttura a trappola

Un'altra caratteristica che è stata realizzata nell'algoritmo: il computer è dotato di un livello IQ variabile, cioè di un livello d'intelligenza variabile. Le mosse precedenti sono quelle che ogni "computer ragionevole" deve fare. Da questo punto in poi, comunque, l'algoritmo può lasciare che il computer esegua qualche mossa casuale ed anche possibili errori se il suo livello d'intelligenza è posto ad un valore basso. Per

fornire qualche variazione al gioco, otterremo un numero casuale, lo confronteremo con IQ e varieremo il nostro gioco in dipendenza del risultato. Se IQ è posto al massimo, il programma eseguirà sempre il ramo destro del diagramma di flusso; comunque, se IQ non è posto al massimo livello, talvolta eseguiremo il ramo di sinistra. Seguiamo il ramo di destra del diagramma di flusso. A questo punto controlliamo se si verificano due situazioni particolari che corrispondono alle mosse #1 e #4 del gioco.

Per la prima situazione, cioè per la prima mossa del gioco, l'algoritmo occuperà una posizione qualsiasi sulla scheda. In questo modo il suo comportamento sarà diverso ogni volta e, quindi, apparirà "intelligente".

Per l'altra situazione, dobbiamo osservare la mossa #4. È il turno del computer. In altre parole, il giocatore ha iniziato il gioco (mossa #1), il computer risponde (mossa #2) e quindi il giocatore esegue la sua seconda mossa (mossa #3) ed ora è il turno del computer. In breve, il giocatore ha giocato due volte ed il computer ha giocato una volta sola. A questo punto vogliamo vedere se le prime tre mosse sono state fatte lungo una delle diagonali. In caso affermativo, avendo il giocatore fatto due mosse ed il computer una, la somma di riga di una delle diagonali sarà "sei". L'algoritmo deve controllare esplicitamente questo caso. Se le prime tre mosse sono state fatte tutte lungo una diagonale, il computer deve muovere in una posizione laterale. Questa è una situazione particolare che deve essere implementata nell'algoritmo, altrimenti non si può garantire che il computer (assumendo il livello IQ più elevato) possa essere il potenziale vincitore. Questa situazione è illustrata in Fig. 11.41. Notate che, se viene impiegata una logica diretta, l'algoritmo occuperebbe una delle tre posizioni d'angolo poichè esiste una minaccia dal giocatore, che potrebbe giocare qui e portare alla situazione di trappola. I risultati di una tale azione sono mostrati in Fig. 11.42. Osservando questa illustrazione si può notare che una tale mossa porta ad una sconfitta. Esaminiamo invece cosa succede se giochiamo in uno dei lati. Questa situazione è illustrata in Fig. 11.43; il risultato è un pareggio. Chiaramente questa è la mossa da fare. È una trappola relativamente poco nota del Tic-Tac-Toe ed occorre prevederla nell'algoritmo in modo che il computer vinca.

Se non è la quarta mossa, oppure una trappola diagonale, la cosa successiva che il computer deve fare è vedere se il giocatore può impostare una trappola. (Riferimento al diagramma di flusso della Fig. 11.40). Se il giocatore può impostare una trappola, il computer gioca nel quadrato appropriato per bloccarla. Altrimenti il computer muove nel quadrato centrale, se disponibile; se non è disponibile, in una posizione casuale. Poichè questo algoritmo è stato implementato *ad hoc*, è difficile

Figura 11.40: Diagramma di flusso di analisi della matrice

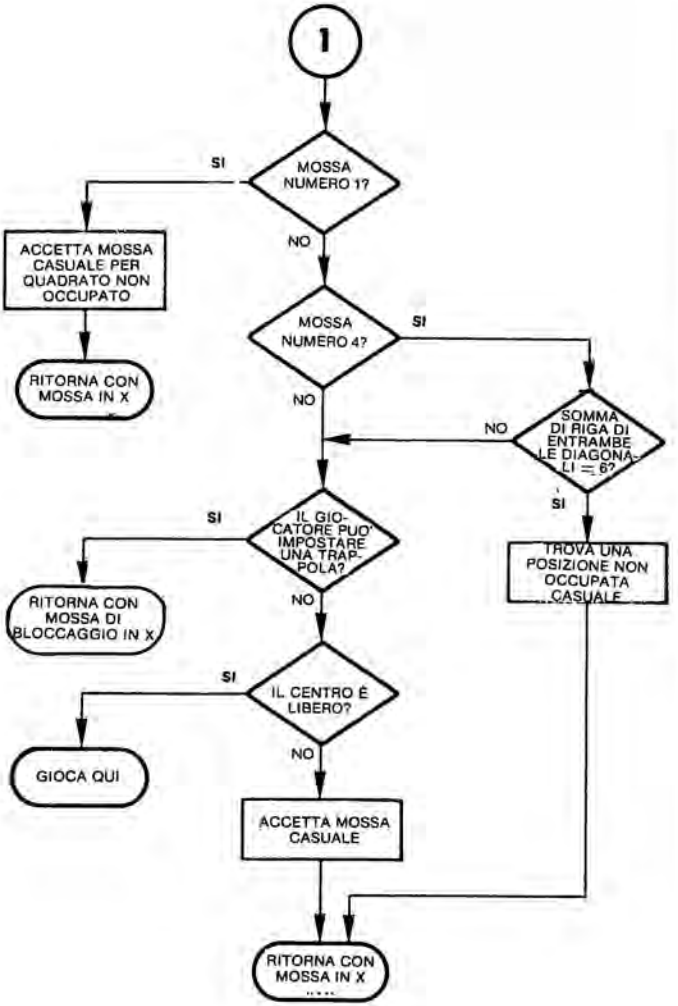


Figura 11.40: Diagramma di flusso di analisi della matrice (continua)

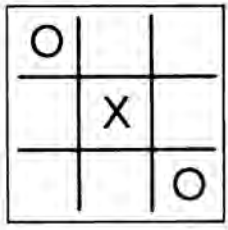


Figura 11.41: La trappola diagonale

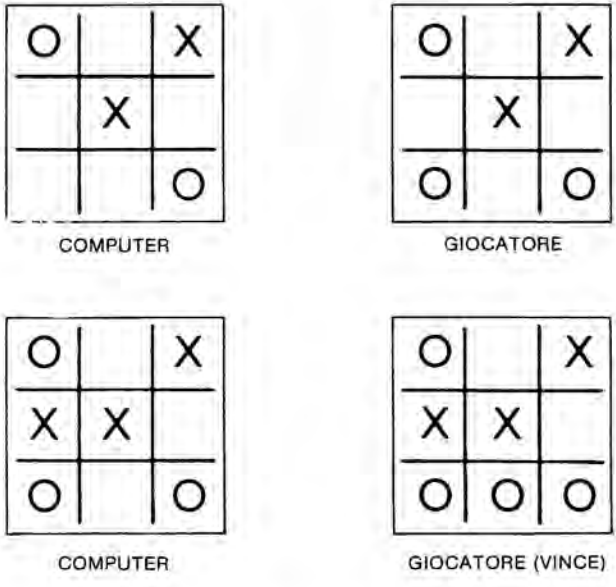


Figura 11.42: Caduta nella trappola diagonale

dimostrare che esso vince oppure ottiene un pareggio in tutti i casi. Vi suggeriamo di provare su una matrice oppure di provare il programma effettivo sulla Scheda Giochi. Scoprirete che in tutte le condizioni di verifica, il computer vince oppure realizza un pareggio. Comunque, se il computer vince ripetutametne, il suo livello IQ viene automaticamente abbassato ed, eventualmente, si consentirà al giocatore di vincere. Sono

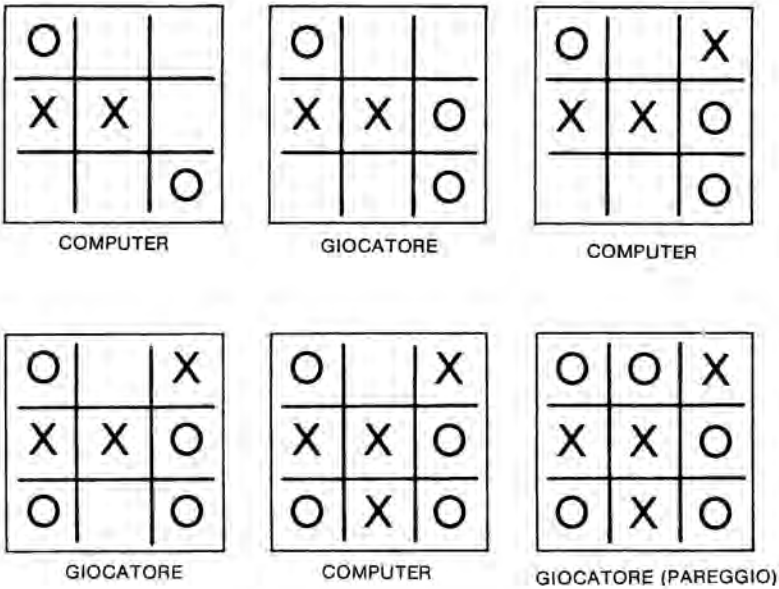


Figura 11.43: Mossa laterale

riportate in Fig. 11.44 a titolo di esempio, alcune sequenze ottenute sulla matrice effettiva.

Modifiche suggerite

Esercizio 11.1: *Fate in modo che un tasto speciale sulla Scheda Giochi, consenta, una volta premuto, la visualizzazione del livello IQ del computer.*

Esercizio 11.2: *Modificate il programma in modo che il livello IQ del computer possa essere cambiato all'inizio di ciascun gioco.*

Ringraziamento

L'algoritmo *ad hoc* che è stato descritto in questo paragrafo è originale. Eric Novikoff ha dato il contributo principale. Il nostro ringraziamento va anche a "Scientific American" (numeri selezionati dal 1950 al 1978) ed al Dr. Harvard Holmes che hanno fornito idee originali.

COMPUTER	GIOCATORE
4	5
7	1
9	8
2	(PAREGGIO)
8	5
6	3
7	9
1	4
(PAREGGIO)	
2	5
9	1
7	8
6	3
(PAREGGIO)	
8	5
1	7
3	2
6	9
(PAREGGIO)	
6	5
4	8
2	3
7	1
(PAREGGIO)	

COMPUTER	GIOCATORE
	5
1	6
4	7
3	2
8	9
(PAREGGIO)	
	5
3	4
6	9
1	2
8	7
(PAREGGIO)	
	2
5	1
3	7
4	6
9	8
(PAREGGIO)	
	1
5	3
2	8
9	6
7	4
(PAREGGIO)	

COMPUTER	GIOCATORE
	6
5	4
1	9
3	7
2	(SCONFITTA)
	6
5	4
8	2
9	1
7	(SCONFITTA)
	6
1	5
4	7
3	2
8	9
(PAREGGIO)	
9	5
3	6
4	2
8	7
(PAREGGIO)	

Figura 11.44: Sequenze effettive di gioco

Strategie alternative

Si possono considerare altre strategie. In particolare, è possibile implementare un breve programma con l'impiego di tabelle di mosse che corrispondono a varie configurazione di matrice. Le tabelle possono essere compattate tenendo conto di simmetrie, rotazioni ed in tal modo il numero di situazioni può essere ridotto. Questo tipo di approccio porta ad un programma più breve, anche se meno interessante da progettare.

Esercizio 11.3: *Progettate un programma per Tic-Tac-Toe che utilizzi questo tipo di tabella.*

IL PROGRAMMA

L'organizzazione globale del programma è abbastanza semplice. Essa è mostrata in Fig. 11.42. La parte più complessa è l'algoritmo impiegato per determinare la mossa successiva del computer. Questo algoritmo, chiamato "FINDMOVE", è stato precedentemente descritto.

Esaminiamo ora l'organizzazione globale del programma. Il diagramma di flusso corrispondente è mostrato in Fig. 11.45.

1. Il livello IQ del computer viene posto al 75%.
2. Viene letto il tasto battuto dall'utente.
3. Si controlla se il tasto è una "F". Se è una "F" inizia il giocatore; altrimenti inizia il computer. In dipendenza del valore del tasto premuto, il diagramma di flusso continua nei blocchi 4 oppure 5 e quindi a 6.

Se inizia il giocatore (PLAYER è diversa da "0"), allora passiamo al lato sinistro del diagramma di flusso.

7. Il tasto, specificante la mossa, premuto dal giocatore viene letto e la mossa viene visualizzata sulla matrice.
8. Il LED corrispondente viene acceso sulla scheda. Si passa quindi al turno del computer e la variabile PLAYER nel blocco 9 è posta a "0".

All'uscita del blocco 6, nel caso del turno del computer, si passa al blocco 10.

11. A questo punto deve essere calcolata la mossa successiva eseguita dal computer.

Questo è l'algoritmo complesso che abbiamo descritto precedentemente.

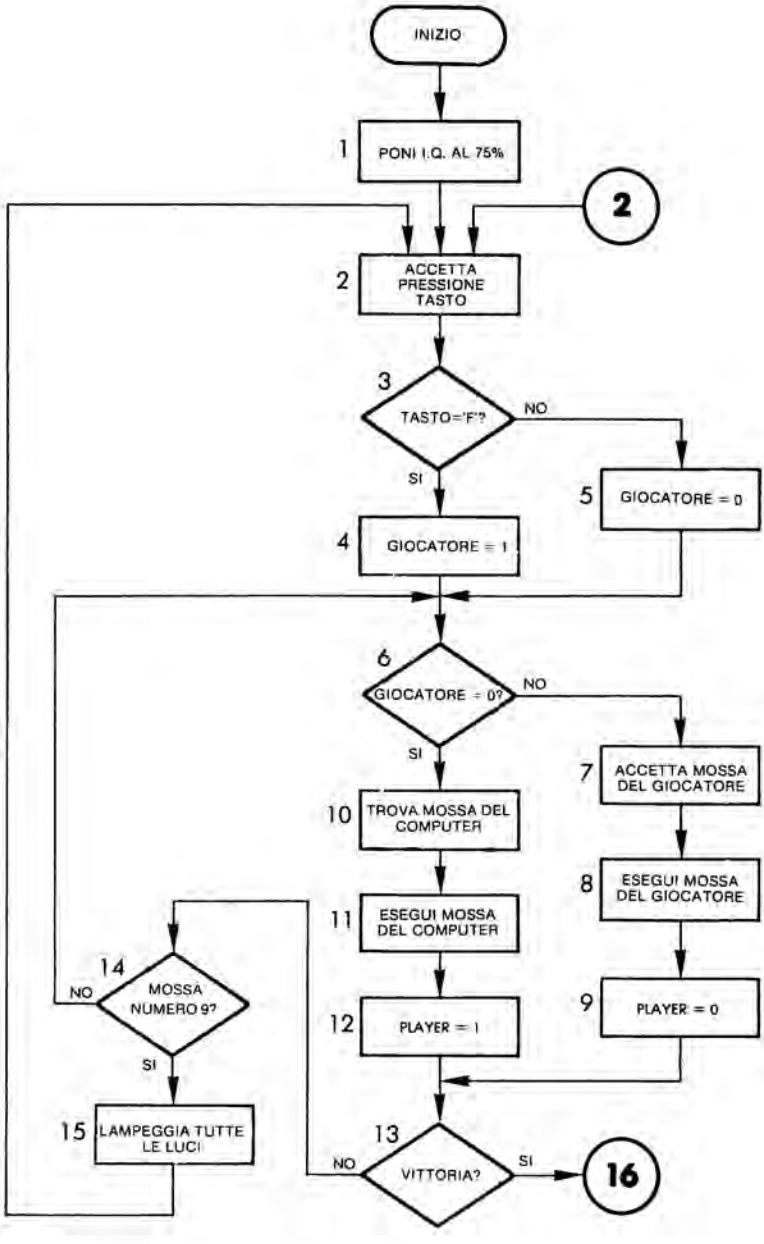


Figura 11.45: Diagramma di flusso del tic-tac-toe

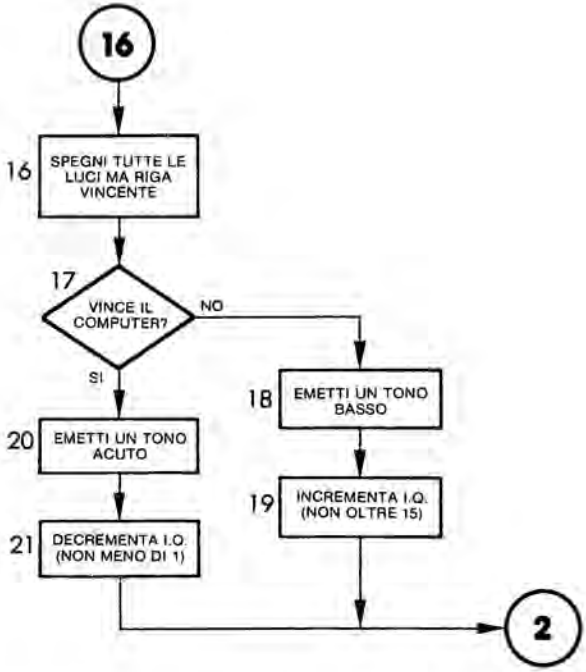


Figura 11.45: Diagramma di flusso del tic-tac-toe (continua)

11. Successivamente viene visualizzata la mossa del computer.

12. Si esegue il reset di PLAYER ad "uno" per riflettere il fatto che ora è il turno del giocatore.

Dopo che entrambi i giocatori hanno mosso, si verifica se la matrice si trova in una situazione vincente nel blocco 13. Se i LED accesi non rivelano una sequenza vincente, si passa a sinistra, sul programma di flusso.

14. Successivamente si controlla se tutte le mosse sono state esaurite: si verifica se è stata eseguita la mossa #9. Se il nono LED è acceso e non è stata rivelata una situazione vincente, è un pareggio e si procede al lampeggio di tutti i LED sulla scheda.

15. Si procede al lampeggio di tutti i LED sulla scheda. Quindi si ritorna al blocco 6 e il gioco passa all'avversario.

All'uscita del blocco 13, se c'è una situazione vincente occorre visualizzarla:

16. Vengono spenti tutti i LED eccetto i tre che visualizzano il vincitore. Successivamente, mediante l'algoritmo, si determina se ha vinto il giocatore oppure il computer.
17. Si determina se ha vinto il giocatore oppure il computer. Se ha vinto il computer si salta alla parte destra del diagramma di flusso.
18. Viene eseguito un suono basso.
19. L'IQ del computer viene decrementato (fino ad un minimo di 0).

La situazione in caso di vittoria del giocatore, mostrata nei blocchi 20 e 21, è analoga.

Il flusso generale del programma è immediato. Ora esamineremo l'informazione completa. La subroutine che analizza la situazione della matrice si chiama "ANALYZE" ed impiega la subroutine "UPDATE" per calcolare il valore delle varie posizioni della matrice.

Strutture dei dati

La principale struttura dei dati impiegata da questo programma è una tabella lineare con tre punti d'ingresso che vengono impiegati per memorizzare gli otto possibili allineamenti di quadrati della matrice. Quando valutiamo la matrice, il programma dovrà esplorare ogni possibile allineamento di tre quadrati alla volta. Per facilitare questo processo, è stata eseguita la lista di tutti gli allineamenti possibili e la Fig. 11.46 mostra l'organizzazione di memoria.

La tabella è organizzata in tre sezioni che iniziano a RWPT1, RWPT2 ed RWPT3 (RWPT significa "row pointer", puntatore di riga). Per esempio, i primi elementi RWPT1, RWPT2 ed RWPT3 per la prima sequenza di tre quadrati, sono esaminati dalla routine di valutazione. La sequenza è: "0, 3, 6", come indicato dalle frecce in Fig. 11.43. La sequenza succesiva di tre quadrati, viene ottenuta consultando il secondo ingresso in ogni tabella RWPT. Si tratta di "1, 4, 7" che è, infatti, la seconda colonna sulla nostra matrice di LED.

La tabella è stata organizzata in tre sezioni in modo da facilitarne l'accesso. Per essere in grado di accedere con successo a tutti gli elementi, sarà necessario conservare un puntatore di esecuzione che può essere impiegato come indice per un efficiente accesso alla tabella. Per esempio, se numeriamo la nostra riga generalizzata di sequenze da "0" a "7", si accederà alla "riga" 3 recuperando gli elementi agli indirizzi RWPT1 + 3, RWPT2 + 3, RWPT3 + 3. (Si tratta della sequenza "0, 1, 2" vista in Fig. 11.46).

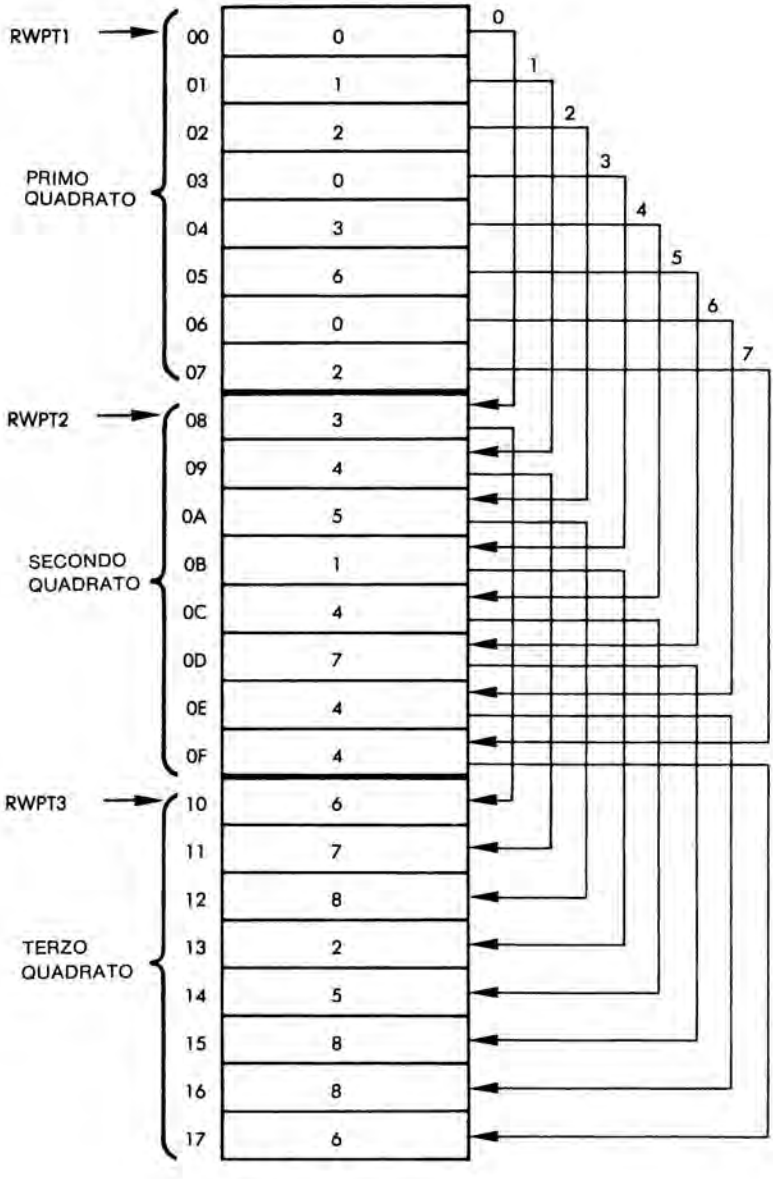


Figura 11.46: Sequenza delle righe del tic-tac-toe in memoria

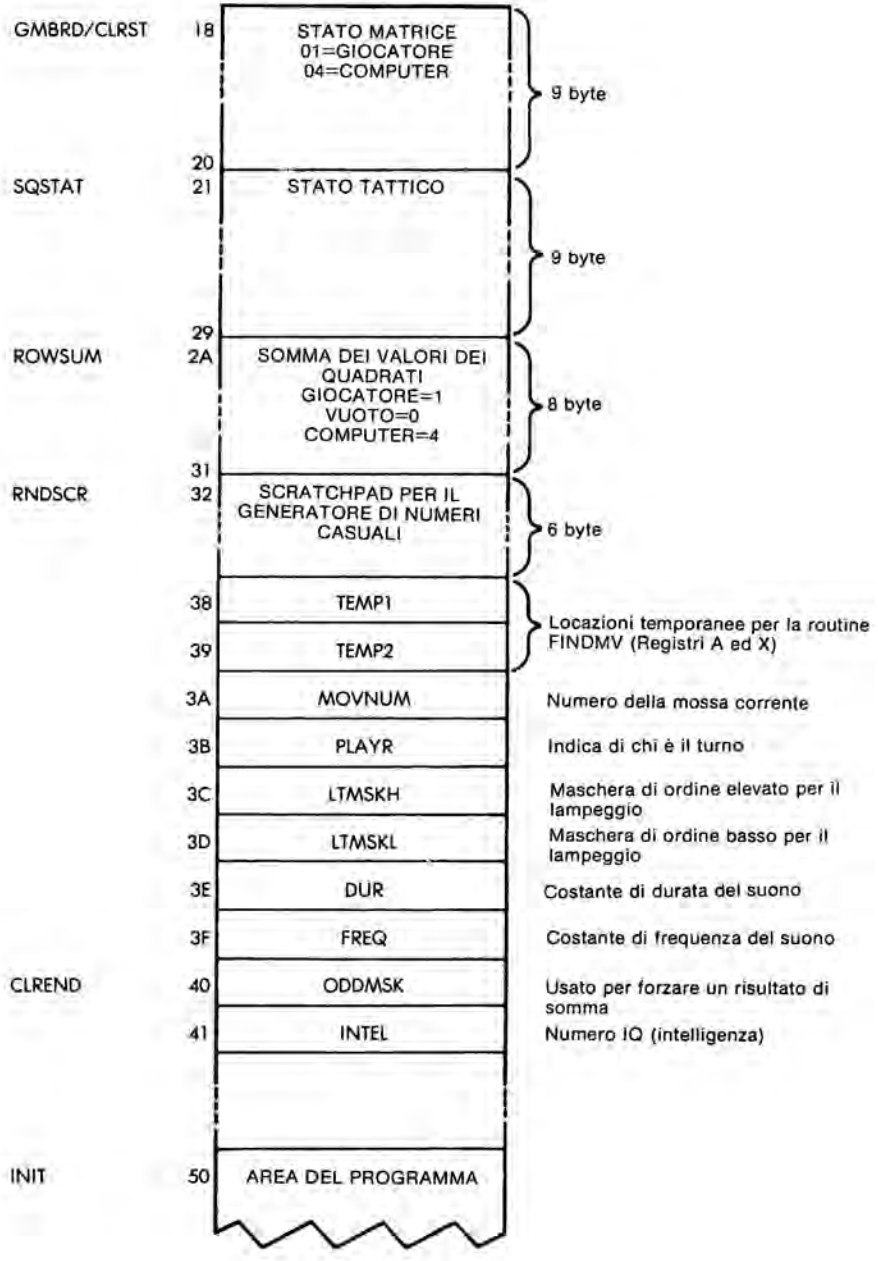


Figura 11.47: Tic-tac-toe: area bassa della memoria

Organizzazione della memoria

La Pagina 0 contiene la tabella RWPT appena descritta, come pure le altre tabelle e variabili. Il resto dell'area bassa di memoria è mostrato in Fig. 11.47.

La tabella GMBRD occupa nove locazioni e memorizza, istante per istante, lo stato della matrice. Un valore "uno" viene impiegato per indicare una posizione occupata dal giocatore, mentre un "valore quattro" indica una posizione occupata dal computer.

La tabella SQSTAT occupa otto parole e viene impiegata per calcolare lo stato tattico della matrice.

La tabella ROWSUM occupa otto parole e viene impiegata per calcolare il valore di ciascuna delle otto righe generalizzate sul quadrato.

La tabella RNDSCR occupa sei parole e viene impiegata dal generatore di numeri casuali.

Le locazioni rimanenti sono utilizzate per le variabili temporanee, maschere e costanti, come indicato in Fig. 11.47. Il ruolo di ciascuna variabile o costante e la descrizione di ciascuna routine del programma verranno spiegate di seguito.

Memoria alta

Le locazioni elevate della memoria sono riservate essenzialmente per i dispositivi d'ingresso/uscita. Vengono impiegate le Porte 1 e 3 e gli interrupt. La mappa di memoria corrispondente è mostrata in Fig. 11.48. Il vettore di interrupt risiede agli indirizzi A67E ed A67F. Esso verrà modificato all'inizio del programma in modo che gli interrupt saranno generati automaticamente dal timer. Questi interrupt verranno impiegati per il lampeggio dei LED sulla scheda.

Descrizione dettagliata del programma

All'inizio di ciascun gioco, il livello di intelligenza del computer viene impostato al 75 per cento. Ogni volta che il giocatore vince, il livello IQ verrà aumentato di un punto. Ogni volta che il giocatore perde, verrà decrementato di un punto. Il livello IQ viene posto inizialmente al valore decimale 12:

```
START     LDA #12
          STA INTEL        Poni IQ al 75%
```

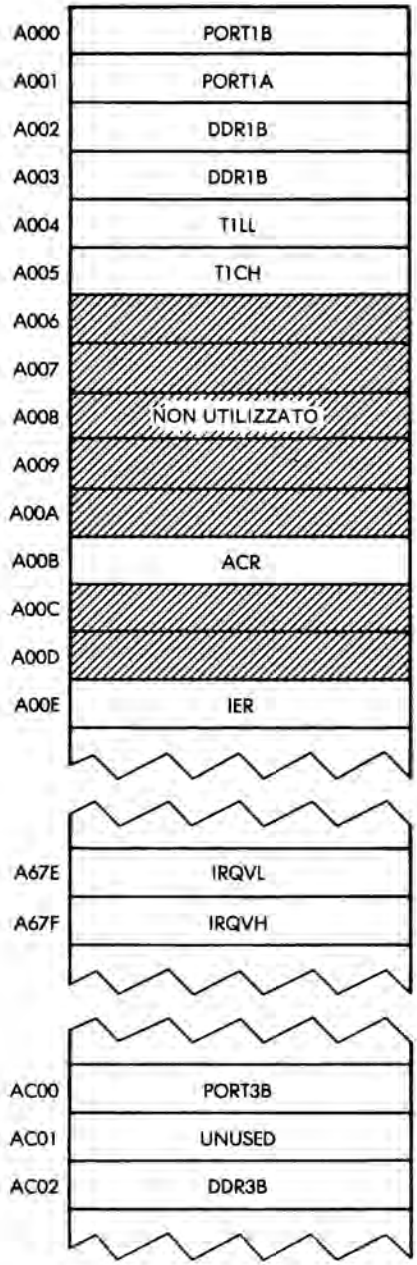


Figura 11.48: Tic-tac-toe: area alta della memoria

Quindi viene eseguita l'inizializzazione:

```
RESTRT      JSR INIT
```

Esaminiamo la subroutineINIT che è appena stata chiamata. Essa risiede all'indirizzo 0050, mentre sul listing del programma appare alla linea 0345 e successive. La prima azione della subroutine di inizializzazione è quella di azzerare tutte le locazioni basse della memoria impiegate dalle variabili del programma. Le locazioni da azzerare sono quelle tra CLRST e CLREND (vedere le linee 41 e 57 del listing del programma). Notare che in questo caso è stata utilizzata una prestazione dell'assembler raramente sfruttata - label multiple sulla stessa linea - per facilitare l'azzeramento del numero corretto di locazioni di memoria. Poichè può essere necessario introdurre più variabili temporanee nel corso dello sviluppo del programma, una label specifica è stata assegnata alla prima locazione da azzerare CLRST (locazione di memoria 18) ed un'altra all'ultima locazione da azzerare (CLREND). Per esempio, la locazione di memoria 18 corrisponde sia a CLRST che a GMBRD. L'operazione di azzeramento dovrebbe iniziare all'indirizzo CLRST e procedere verso le quaranta locazioni (CLREND-CLRST). Quindi, prima carichiamo il numero di locazioni da azzerare nel registro indice X, poi utilizziamo un ciclo per azzerare tutte le locazioni richieste:

```
INIT        LDA #0
            LDX #CLREND-CLRST
CLRALL      STA CLRST,X        Azzera locazione
            DEX
            BPL CLRALL
```

Dopo che è stata azzerata la memoria bassa, occorre attivare le due locazioni di partenza del generatore di numeri casuali. Come al solito, viene impiegato il contatore basso del timer 1:

```
            LDA T1LL
            STA RNDSCR + 1
            STA RNDSCR + 4
```

Le Porte 1A, 1B e 3B vengono quindi configurate come uscite. La struttura appropriata viene quindi caricata nei registri di direzione dati:

```
            LDA #$FF
            STA DDR1A
            STA DDR1B
            STA DDR3B
```

Vengono quindi spenti tutti i LED della scheda:

```
LDA #0
STA PORT1A
STA PORT1B
```

Successivamente l'indirizzo del vettore di interrupt deve essere caricato con un nuovo puntatore. L'indirizzo da caricare in questo caso è quello del manipolatore d'interrupt, che è stato progettato per fornire il lampeggio regolare dei LED. (Questo processo è già stato spiegato ai capitoli precedenti). Il manipolatore d'interrupt risiede all'indirizzo INTVEC. Il byte elevato ed il byte basso di questo indirizzo saranno caricati nelle locazioni di memoria IRQVH ed IRQVL, rispettivamente. Un simbolo assembler speciale viene impiegato per denotare il byte basso del vettore di interrupt: #< INTVEC. Inversamente, il byte alto viene rappresentato in linguaggio assembly da #> INTVEC. Il nuovo vettore di interrupt viene caricato alle specifiche locazioni di memoria:

```
JSR ACCESS
LDA #< INTVEC
STA IRQVL          Vettore basso
LDA #> INTVEC
STA IRQVH          Vettore alto
```

Come al solito, il registro di abilitazione interrupt deve essere preliminarmente azzerato e quindi deve essere abilitato l'interrupt appropriato:

```
LDA #$7F
STA IER            Azzera registro
LDA #$C0
STA IER            Abilita interrupt
```

Il timer 1 viene impostato nel modo free-running (a corsa libera):

```
LDA #$40
STA ACR
```

Il latch del timer 1 viene caricato con il conteggio più elevato possibile, "FFFF":

```
LDA #$FF
STA T1LL
STA T1CH
```

Infine vengono abilitati gli interrupt, viene azzerato il modo decimale a titolo di precauzione, e terminiamo lo stadio di inizializzazione:

```
CLI
CLD
RTS
```

Ritorno al programma principale

Ora ci troviamo alla linea 69 del listing del programma. Leggiamo il successivo tasto premuto sulla tastiera:

```
JSR GETKEY
```

Questa è la prima mossa. Dobbiamo determinare se è una "F" oppure no. Se è una "F" il giocatore muove per primo; altrimenti muove per primo il computer. Controlliamolo:

```
LDA #01
STA PLAYR
```

È il momento di una nuova mossa ed il contatore delle mosse viene incrementato di uno. La variabile MOVNUM viene memorizzata nella parte bassa della memoria. (Fig. 11.44). Essa viene ora incrementata:

```
PLAYLP    INC MOVNUM
```

A questo punto, PLAYR indica a chi tocca giocare. Se è posta a "zero", è il turno del computer. Se è invece posta ad "uno", è il turno del giocatore. Controlliamola:

```
LDA PLAYR
BEQ CMPMU
```

In questo caso assumeremo che sia il turno del giocatore. Si esegue il reset di PLAYR a "zero" in modo che la mossa successiva sia riservata al computer:

```
DEC PLAYR
```

La mossa del giocatore viene ricevuta dalla subroutine PLRMV che sarà descritta in seguito. Lasciamo la mossa al giocatore:

```
JSR PLRMV
```

A questo punto, la mossa eseguita dal giocatore viene specificata dai contenuti del registro X. Poichè era una mossa del giocatore, il codice corrisponde per la rappresentazione sulla matrice dovrebbe essere "01", che verrà caricato nell'accumulatore:

```
        LDA #01
```

Ora visualizzeremo la mossa sulla scheda lampeggiando il LED appropriato. Inoltre verrà automaticamente aggiornata la corrispondente ROWSUM:

```
        JSR UPDATE
```

La routine UPDATE verrà descritta in dettaglio successivamente. Una volta eseguita la mossa, dovremmo controllare la possibilità di una vittoria. In caso affermativo, il giocatore ha tre LED lampeggianti in una riga ed il totale di riga corrispondente è automaticamente uguale a "tre". Perciò dobbiamo semplicemente controllare se in tutte le otto righe ce n'è una avente ROWSUM pari a tre:

```
        LDA #03
        BNE WINTST
```

All'indirizzo WINTST viene eseguito un test per una configurazione vincente. Il registro Y viene caricato con "sette" ed impiegato come contatore del ciclo. Tutte le righe, dalla 7 alla 0, sono controllate se hanno un valore "tre":

```
WINTST  LDY #7
TSTLP   CMP ROWSUM,4
        BEQ WIN
        DEY
        BPL TSTLP
```

Continuiamo ora con la mossa del giocatore. Esamineremo successivamente la mossa del computer. (La mossa del computer corrisponde alle linee 83-88 del listing del programma, che non è ancora stato descritto). In questo gioco è possibile un massimo di nove mosse. Verifichiamo se abbiamo raggiunto la fine del gioco controllando il valore di MOVNUM, che contiene il numero della mossa corrente:

```
        LDA MOVNUM
        CMP #9
        BNE PLAYLP
```

Questa è la fine del nostro ciclo principale. A questo punto si verifica una ramificazione alla locazione PLAYLP e si riprende l'esecuzione del programma principale.

Se a questo punto, si è raggiunta la fine del gioco si è in una situazione di pareggio, perchè non c'è ancora stato un vincitore. A questo punto tutti i LED sulla scheda dovrebbero lampeggiare e dovrebbe ri-iniziare il gioco. Imponiamo il lampeggio dei LED:

```
LDA #$FF
STA LTMSKL
STA LTMSKH
BNE DLY
```

Il ritardo viene introdotto per garantire che i LED lampeggino per un breve intervallo. Esaminiamo ora la sequenza di fine gioco.

Quando si trova una situazione vincente, può essere una vittoria del giocatore oppure del computer. Quando vince il giocatore, il totale di riga è uguale a "tre"; mentre, quando vince il computer, il totale di riga è uguale a "dodici". (Ricordate che ogni mossa del computer ha un valore "quattro" per ogni quadrato. Tre quadrati in una riga generano un totale di $3 \times 4 = 12$). Se vince il computer, verrà decrementato il suo IQ:

```
WIN CMP#12
BEQ INTDN
```

A questo punto si dovrebbe verificare un salto a INTDN, dove verrà decrementato il livello di intelligenza (intelligenza abbassata).

Un suono grave verrà generato per indicare al giocatore la sua sconfitta. La costante di frequenza corrispondente è "FF" ed è memorizzata all'indirizzo FREQ:

```
INTDN    LDA #$FF
         STA FREQ
```

Il livello di intelligenza viene ora decrementato, a meno che non sia già "zero", nel cui caso rimane a quel valore:

```
LDA INTEL
BEQ GTMSK
DEC INTEL
```

Per un breve periodo di tempo la linea vincente sarà illuminata sulla scheda e verrà eseguito il suono di fine gioco. Preliminarmente azzeriamo tutti i LED sulla scheda:

```
GTMSK     LDA #0
          STA PORT1A
          STA PORT1B
```

A questo punto il numero della riga vincente è contenuto nel registro indice Y. I tre quadrati corispondenti a quella riga saranno semplicemente recuperati dalla tabella RWPT. (Vedere Fig. 11.43). Visualizziamo il primo quadrato:

```
          LDX RWPT1,Y
          JSR LEDLTR
```

La routine LEDLTR verrà descritta in seguito. Essa accende il quadrato il cui numero è contenuto nel registro X. Visualizziamo il quadrato successivo:

```
          LDX RWPT2,Y
          JSR LEDLTR
```

Quindi il terzo quadrato:

```
          LDX RWPT3,Y
          JSR LEDLTR
```

A questo punto dovremmo spegnere tutti i LED lampeggianti non necessari della scheda. La nuova struttura per il lampeggio è quella della riga vincente e, quindi, dobbiamo cambiare la maschera LTMSKL:

```
          LDA PORT1A
          AND LTMSKL
          STA LTMSKL
```

Ora eseguiamo la stessa cosa per la Porta 1B:

```
          LDA PORT1B
          AND LTMSKH
          STA LTMSKH
```

Esercizio 11.4: *La subroutine LEDLTR alla linea 125 del listing del programma ha appena acceso il terzo LED della riga vincente. Immediatamente dopo, iniziamo la lettura dei contenuti della Porta 1A e quindi della Porta 1B.*

Esiste la possibilità teorica che possa verificarsi un interrupt immediatamente dopo LEDLTR, che potrebbe cambiare i contenuti della Porta 1A. Questo potrebbe costituire un problema? In caso contrario, perchè non è un problema? Nel caso lo sia modificate il programma perchè operi sempre correttamente.

A questo punto, le Porte A e B contengono la struttura appropriata per accendere la riga vincente. Se il giocatore ha vinto, le maschere di lampeggio LTMSKL ed LTMSKH contengono la stessa configurazione ed eseguiranno il lampeggio della riga. Ora siamo pronti ad eseguire il suono indicante la vittoria o la sconfitta. La durata viene posta ad "FF":

```
        LDA #$FF
        STA DUR
```

La frequenza FREQ era stata imposta precedentemente. Dobbiamo semplicemente passare all'esecuzione:

```
        LDA FREQ
        JSR TONE
```

Occorre introdurre un ritardo:

```
DLY     JSR DELAY
```

Ora siamo pronti per iniziare un nuovo gioco con un nuovo livello di intelligenza del computer:

```
        JMP RESTART
```

Ritorno a WIN

Torniamo indietro alla linea 103 del listing del programma ed esaminiamo il caso in cui il computer non ha vinto (cioè ha vinto il giocatore). Una costante diversa di frequenza viene caricata alla locazione FREQ:

```
        LDA #30
        STA FREQ
```

Poichè vince il giocatore, il livello di intelligenza del computer verrà aumentato, in questo caso. Comunque, prima di procedere all'incremento, occorre confrontarlo con il valore "quindici", che è il nostro massimo consentito:

```
        LDA INTEL
        CMP #$0F
        BEQ GTMSK
        INC INTEL
```

La sequenza è esattamente analoga a quella in cui il computer vince, eccetto la diversa frequenza del suono e il livello di intelligenza del computer che viene aumentato, anzichè diminuito.

Le mosse del computer

Ritorniamo indietro alla linea 83 del listing del programma per descrivere cosa succede quando il computer esegue una mossa. La variabile PLAYR viene incrementata e quindi viene fornito un ritardo per simulare un "tempo di riflessione" del computer:

```
COMPMV  INC PLAYR
        JSR DELAY
```

La mossa del computer è determinata dalla routine ANALYZ descritta più avanti:

```
        JSR ANALYZ
```

La mossa del computer viene caricata come un "quattro" nella locazione appropriata della scheda:

```
        LDA #04
        FSR UPDATE
```

Successivamente controlliamo su tutte le righe la possibilità di vittoria del computer, cioè per un totale di "dodici";

```
        LDA #12
WINTST  LDY #7
```

e così via. Ora ritorniamo nel programma principale precedentemente descritto.

Quando il segmento di programma precedentemente sottolineato viene confrontato con quello impiegato per la mossa del giocatore, troviamo che la differenza principale tra i due è che la mossa era specificata dalla routine ANALYZ anzichè caricata dalla tastiera. Questa routine è la chiave del livello di intelligenza dell'algoritmo. Esaminiamola.

La subroutine ANALYZ

La subroutine ANALYZ comincia alla linea 143 del listing del programma. Il diagramma di flusso concettuale corrispondente è mostrato in Fig. 11.40. Nella subroutine ANALYZ la ODDMSK viene inizialmente posta a "zero":

```
ANALIZY    LDA #0
           STA ODDMSK
```

Ora verifichiamo la possibilità di una vittoria del computer durante il turno successivo. Se esiste questa possibilità, chiaramente dobbiamo giocare nel quadrato vincente. Questo terminerà il gioco. Una situazione vincente è caratterizzata da un totale di "otto" nella riga corrispondente; perciò depositiamo il totale "otto" nell'accumulatore:

```
           LDA #08
```

Una situazione vincente si verificherà quando i quadrati 1, 2 e 3 nelle righe hanno tutti e "tre" lo stesso valore. Impostiamo la nostra variabile filtro, X, a "tre" per il numero di righe che qualifica:

```
           LDX #03
```

Ora siamo pronti per utilizzare la subroutine FINDMV:

```
           JSR FINDMV
```

La routine FINDMV verrà descritta in seguito. Essa deve essere chiamata con la ROWSUM specificata in A e con il numero di volte che è stata trovata un'uguaglianza in X. Essa controllerà sistematicamente tutte le righe e quadrati. Se si trova un quadrato, si esce con il numero del quadrato specificato in X ed il flag Z posto a "0". Verifichiamolo:

```
           BNE DONE
```

Se è stata trovata una mossa vincente, si esce dalla routine ANALYZ. Sfortunatamente questo non è il caso più comune ed occorre eseguire altre analisi.

La particolare situazione successiva da controllare è quella di vedere se il giocatore ha una mossa vincente. In caso affermativo, occorre

bloccarla. Una situazione vincente per il giocatore è indicata da un totale di riga pari a "due". Carichiamo "2" nell'accumulatore e ripetiamo il processo precedente:

```
LDA #02
LDA #03
JSR FINDMV
BNE DONE
```

Se il giocatore potesse eseguire una mossa vincente, è questo il quadrato in cui il computer deve giocare ed usciamo a DONE; altrimenti la situazione dovrebbe essere ulteriormente analizzata.

Ora controlleremo se il computer può implementare una trappola. Una trappola corrisponde ad una situazione in cui una mossa del computer è già stata fatta in qualche riga. Dovremmo cercare di giocare nell'intersezione di due righe contenenti mosse del computer. Questo è stato spiegato precedentemente nel corso della descrizione dell'algoritmo. Questa situazione è caratterizzata da A = 4 ed X = 2. Carichiamo i registri con i valori appropriati e chiamiamo la routine FINDMV:

```
LDA #04
LDX #02
JSR FINDMV
BNE DONE
```

Se il test è soddisfatto si esce a DONE; altrimenti si procede in basso nel diagramma di flusso di Fig. 11.40.

È a questo punto che il computer può dimostrare la sua intelligenza oppure un gioco poco astuto. Il comportamento del computer sarà determinato dal suo livello di intelligenza. Ora otterremo un numero casuale e lo confronteremo all'IQ del computer. Se il numero casuale supera l'IQ del computer, procederemo per la parte sinistra del diagramma di flusso della Fig. 11.40 e faremo una mossa poco astuta (cioè una mossa casuale). Se il numero casuale non supera l'IQ del computer, eseguiremo una mossa intelligente passando per la parte destra del diagramma di flusso. Generiamo il numero casuale:

```
JSR RANDOM
```

Tronchiamo il numero casuale al suo byte di destra in modo che esso non superi quindici:

```
AND #$0F
```

e lo confrontiamo con l'IQ corrente del computer:

```
CMP INTEL
BEQ OK
BCS RNDMV
```

Se il numero casuale è maggiore del livello IQ memorizzato in INTEL, si salta a RANDMV e si esegue una mossa casuale. A questo punto, assumiamo che il numero casuale non sia maggiore del livello IQ e che il computer esegua una mossa intelligente. Ora procediamo dalla linea 162 (locazione "OK").

Dapprima controlleremo se questa è la mossa #1; quindi se è la mossa #4. Controlliamo se è la mossa #1:

```
OK      LPX MOVNUM
        CPX #1
```

Se è la mossa #1, occupiamo un quadrato qualsiasi:

```
BEQ RNDMV
```

Controlliamo se è la mossa #4:

```
CPX #4
```

Se non è la mossa #4, controlliamo se il giocatore può impostare una trappola. Questo verrà eseguito alla locazione TRAPCK. In questo caso assumiamo che sia la mossa #4.

```
BNE TRAPCK
```

Questa sezione controllerà entrambe le diagonali per la possibilità della sequenza giocatore-computer-giocatore. Se si trova questa sequenza, si giocherà lateralmente. Altrimenti si ritorna indietro al corpo di questa routine e si controlla se il giocatore può impostare una trappola. La combinazione giocatore-computer-giocatore in una riga viene rivelata dal totale "sei" della riga. Quindi carichiamo il valore "sei" nell'accumulatore e controlliamo la diagonale corrispondente. Per coincidenza, le diagnosi corrispondono al sesto e settimo ingresso della nostra tabella RWPT. (Vedere la Fig. 11.46). Eseguiamolo:

```
LDX #6
TXA
```

```
        CMP ROWSUM,X
        BEQ ODDRND
```

Se si trova un'uguaglianza si salta all'indirizzo ODDRND, dove si giocherà una posizione laterale. Questo verrà descritto in seguito. Se, non si trova un'uguaglianza, controlliamo la diagonale successiva:

```
        INX
        CMP ROWSUM,X
        BEQ ODDRND
```

Se, a questo punto, anche questo test non è soddisfatto, per la seconda diagonale, controlleremo se il giocatore può impostare una trappola.

Controllo per vedere se il giocatore può impostare una trappola sparire normalmente (TRAPCK)

Si identifica la possibilità di una trappola per il giocatore (analogamente nel caso del computer) quando due righe che si intersecano contengono una sola mossa del giocatore. Questo è stato spiegato nella descrizione del precedente algoritmo. Il valore di una riga che è dedicata ad una trappola è perciò uguale ad "uno" (una mossa del giocatore). Occorre quindi impostare i parametri in questo modo: A = 1 ed X = 2 prima di richiamare la routine FINDMV:

```
TRAPCK  LDA #1
        LDX #2
        JSR FINDMV
        BNE DONE
```

Se si trova la locazione appropriata per una trappola, questa è la mossa successiva da giocare. Altrimenti, se possibile, il computer muove al centro, oppure, se il centro è occupato, esegue una mossa casuale laterale.

```
        LDX GMBRD + 4
        BNE RNDMU
        LDX #5
        BNE DONE
```

Esecuzione di una mossa casuale laterale

I quattro lati della matrice sono numerati esternamente 2, 4, 6 ed 8, oppure internamente, 1, 3, 5 e 7. Qualsiasi numero interno dispari indica

una posizione laterale. Se si vuole occupare una posizione laterale, carichiamo semplicemente il valore "uno" in ODDMSK, garantendo in tal modo che il numero casuale generato sarà uno di quelli ai quattro angoli. Questo viene eseguito caricando all'indirizzo ODDRND:

```
ODDRND    LDA #1
          STA ODDMSK
```

Comunque, in generale, possiamo voler eseguire una mossa casuale. Questo verrà eseguito generando ed impiegando un qualsiasi numero casuale che è ragionevole, cioè ponendo ODDMSK a "0" prima di entrare all'indirizzo RNDMV. Otteniamo un numero casuale:

```
RNDMV     JSR RANDOM
```

Eliminiamo il byte di sinistra:

```
          AND #$0F
```

Quindi eseguiamo l'OR di questo numero casuale con la struttura memorizzata in ODDMSK. Se la maschera è stata posta a "0", non si avrà alcun effetto sul numero casuale. Se invece la maschera era stata posta ad "1", potrebbe risultare la mossa in uno degli angoli (in questo caso il centro è occupato):

```
          ORA ODDMSK
```

Poichè il numero casuale che è stato generato è compreso tra "0" e "15", dobbiamo assicurarci che non superi "9"; nel qual caso non può essere utilizzato:

```
          CPM #9
          BCS RNDMV
```

Dobbiamo ora controllare che lo spazio in cui vogliamo muoverci non sia occupato. Carichiamo il numero del quadrato nel registro indice X e verifichiamo lo stato del quadrato leggendo l'ingresso appropriato della tabella GMBRD. (Vedere la mappa di memoria in Fig. 11.47):

```
          TAX
          LDA GMBRD,X
```

Se in questo quadrato c'è un qualsiasi ingresso diverso da "0", significa

che è occupato e dobbiamo generare un altro numero casuale:

```
        BNE RNDMV
```

Abbiamo selezionato un quadrato valido ed eseguiremo in esso la mossa. Quando usciamo da questa routine, il numero esterno del LED dovrebbe essere contenuto in X. Questo si ottiene sommando "1" ai contenuti correnti di X, che rappresentano il numero interno del LED:

```
        INX
DONE    RTS
```

Subroutine FINDMV

Questa subroutine valuterà la matrice fino a trovare un quadrato che soddisfa le specifiche nei registri A ed X. L'accumulatore A contiene una somma di riga specifica, che un riga deve avere per essere scelta. Il registro indice X specifica il numero di volte che un particolare quadrato deve appartenere ad una riga la cui somma di riga è uguale a quella specificata da A.

La subroutine FINDMV inizia con lo stato del quadrato pari a "0" per ogni quadrato della matrice. Ogni volta che trova un quadrato che soddisfa la specifica sulla somma di riga, essa aumenterà il suo stato di "1". Quindi, alla fine del processo di valutazione, un quadrato avente lo stato pari ad "1", è un quadrato che ha soddisfatto una volta le specifiche relative alla somma di riga. Un quadrato avente stato "2", ha soddisfatto due volte la specifica e così via.

La scelta finale viene eseguita da FINDMV, che controlla in successione ogni quadrato. Non appena essa trova un quadrato il cui stato è uguale al numero contenuto nel registro X, seleziona quel quadrato come quello che soddisfa la specifica iniziale.

Il diagramma di flusso completo di FINDMV è mostrato in Fig. 11.49. Essenzialmente la subroutine opera in tre passi. Questi sono riportati in Fig. 11.49. Il Passo 1 è la fase di inizializzazione. Il Passo 2 corrisponde alla scelta di tutti i quadrati che soddisfano le specifiche sulla somma di riga contenute nel registro A. Lo stato di ogni quadrato vuoto di una riga che soddisfa questa specifica viene aumentato di uno quando tutte le righe sono state esplorate. Il Passo 3 è la fase di scelta finale. In questa fase ogni quadrato viene osservato a turno finchè non se ne trova uno il cui stato è uguale al valore contenuto in X. Appena viene identificato tale quadrato, il processo si arresta. Questo è il quadrato che verrà giocato dal computer. Se non si trova un tale quadrato, si esce dalla

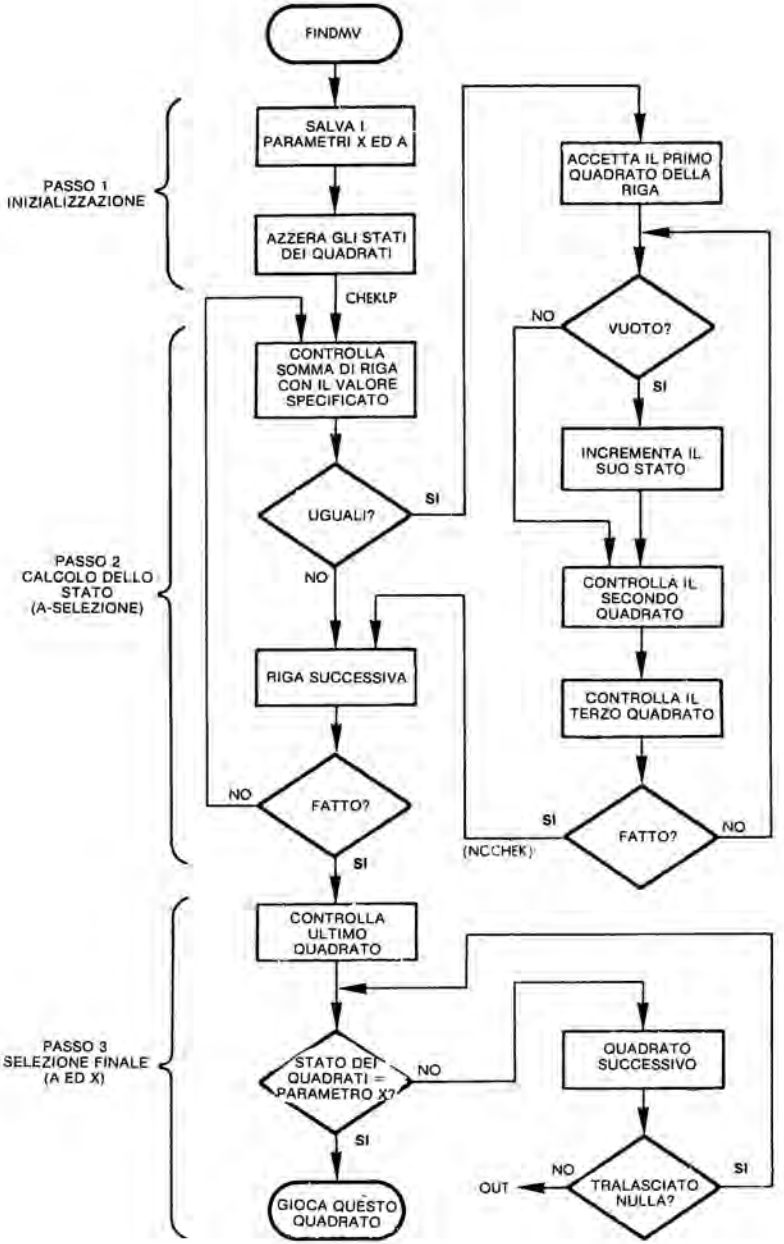


Figura 11.49: Diagramma di flusso di FINDMV

routine con il registro indice X decrementato a "0" e questo verrà utilizzato come flag di guasto o di errore per la routine chiamante.

Esaminiamo ora il programma corrispondente. Esso inizia alla linea 204 del listing del programma.

Passo 1: Inizializzazione

I registri X ed A saranno impiegati nel corpo di questa subroutine. I loro contenuti iniziali devono essere preservati in locazioni di memoria temporanee. Gli indirizzi TEMP1 e TEMP2 sono impiegati per questo scopo. (Vedere Fig. 11.47 per la mappa di memoria).

Preserviamo X ed A:

```
FINDMV      STX TEMP2
            STA TEMP1
```

Viene quindi azzerato lo stato della matrice. Lo stato di ogni quadrato deve essere posto a "0". Questo viene eseguito caricando il valore "0" nell'accumulatore e quindi eseguendo 9 volte un ciclo che azzera lo stato di ogni quadrato in successione:

```
            LDA #0
            LDY #8
CLRLP       STA SQSTAT,4
            DEY
            BPL CLRLP
```

Passo 2: Calcolo dello stato di ogni quadrato

Verranno ora esaminate in successione tutte le otto possibili somme di riga. Se la somma di riga è uguale al valore specifico nell'accumulatore, lo stato di ogni quadrato vuoto all'interno della riga specifica verrà incrementato di "1". Se la somma di riga corrente non soddisfa il test si passa alla successiva. Il registro indice Y viene impiegato come puntatore di riga. La tabella RWPT, descritta all'inizio di questo programma e mostrata in Fig. 11.46, sarà impiegata per recuperare in modo efficiente i tre quadrati da ciascuna riga. Dapprima inizializziamo il contatore:

```
            LDY #7
```

Ora controlleremo il valore della corrispondente somma di riga:

```
CHEKLP    LDA TEMP1
          CMP ROWSUM,Y
          BNE NOCHEK
```

Assumiamo a questo punto che la somma di riga sia quella corretta. Dobbiamo ora esaminare ciascuno dei tre quadrati della riga. Se un quadrato è vuoto incrementeremo il suo stato. Il primo passo è di ottenere il valore del quadrato consultandolo nella tabella, impiegando il registro indice Y come spostamento ed impiegando gli indirizzi RWPT1, RWPT2 ed RWPT3 in successione come punti d'ingresso nella tabella delle righe. Eseguiamolo per il primo quadrato:

```
          LDX RWPT1,Y
```

Il registro indice X ora contiene il numero del quadrato. Se il quadrato è vuoto, una nuova subroutine, CNTSUB, viene impiegata per incrementare il suo stato:

```
          JSR CNTSUB
```

Essa verrà descritta in seguito.

Ora eseguiamo la stessa cosa per il secondo e terzo quadrato:

```
          LDX RWPT2,Y
          JSR CNTSUB
          LDX RWPT3,Y
          JSR CNTSUB
```

Ora abbiamo esplorato completamente una riga. Vediamo se occorre controllare altre righe:

```
NOCHEK    DEY
          BPL CHECKLP
```

Il processo viene ripetuto fino ad aver controllato tutte le righe. A questo punto, entriamo al passo 3 di FINDMV. (Riferimento al diagramma di flusso di Fig. 11.49).

Passo 3: Scelta finale

Il registro indice X verrà impiegato come puntatore del quadrato. Esso inizia con il quadrato #9 e continua ad esaminare quadrati finchè

non ne trova uno che soddisfa le specifiche addizionali del registro X, cioè il numero di volte che un dato quadrato appartiene ad una riga con l'appropriato valore della somma di riga. Inizializzamo X:

```
            LDX #9
```

Ora confrontiamo il valore dello stato del quadrato con il valore del parametro specificato:

```
FNMTCH      LDA TEMP2
            AND SQSTAT-1,X
```

Se lo stato del quadrato è uguale al valore del parametro, selezioniamo questo quadrato:

```
            BNE FOUND
```

Altrimenti passiamo a provare il successivo:

```
            DEX
            BNE FNMTCH
FOUND       RTS
```

Esercizio 11.5: *Perchè per verificare un'eguaglianza di quadrati, in precedenza, abbiamo utilizzato "AND" e "BNE" anzichè "CMP" e "BEQ"? (Suggerimento: decidere quale differenza si dovrebbe avere nella strategia del programma).*

Subroutine COUNTSUB

Questa subroutine viene impiegata esclusivamente dalla subroutine FINDMV ed incrementa lo stato del quadrato il cui numero è contenuto nel registro X, se il quadrato è vuoto. Dapprima essa esamina lo stato del quadrato consultando il suo codice nella tabella GMBRD:

```
CNTSUB      LDA GMBRD,X
            BNE NOCNT
```

Se il quadrato è occupato, si esce. In caso contrario, il valore dello stato del quadrato viene incrementato:

```
            INC SQSTAT,X
NOCNT       RTS
```

Subroutine UPDATE

Ogni volta che viene eseguita una mossa, occorre visualizzarla sulla scheda. Conseguentemente, occorre memorizzare il codice appropriato nella rappresentazione della matrice, cioè nella tabella GMBRD. Infine, occorre calcolare e memorizzare le locazioni appropriate. Queste funzioni vengono eseguite dalla subroutine UPDATE.

Il codice del giocatore è contenuto nell'accumulatore. La posizione in cui viene eseguita la mossa è contenuta nel registro X. Poichè nel registro X è contenuto il valore di un LED esterno, esso viene prima decrementato in modo da ottenere il numero effettivo del LED interno:

```
UPDATE      DEX
```

Il valore deve ora essere memorizzato nella locazione appropriata della tabella GMBRD, che contiene la rappresentazione interna della matrice:

```
            STA GMBRD,X
```

Notate che il valore di X viene impiegato semplicemente come spostamento nella tabella. Comunque, l'accumulatore contiene il codice appropriato che viene semplicemente scritto alla locazione specifica. A questo punto, UPDATE dovrebbe visualizzare la mossa sui LED. Occorre però decidere prima se l'accensione del LED è stazionaria o lampeggiante. Per fare questo la subroutine deve determinare se è la mossa del giocatore oppure del computer. Questo viene eseguito esaminando il codice contenuto nell'accumulatore. Se il codice è "quattro" è la mossa del computer. Invece se il codice è "uno" è la mossa del giocatore. Esaminiamolo:

```
            CMP #04
            BEQ NOBLNK
```

Se è la mossa del computer, si verifica su salto all'indirizzo NOBLNK; altrimenti si procede. Assumiamo che sia la mossa del giocatore:

```
            JSR LIGHT
```

La subroutine LIGHT viene impiegata per il lampeggio di bit e verrà descritta in seguito. All'uscita da LIGHT l'accumulatore contiene il bit nella posizione richiesta per il lampeggio del LED. A questo punto deve essere aggiornata la maschera di lampeggio:

```
        ORA LTMSKL
        STA LTMSKL
```

Se il carry era "zero" all'uscita da LIGHT uno dei bit da zero a sette è stato posto ad uno:

```
        BCC NOBLNK
```

Altrimenti, se il carry era stato posto ad 1, potrebbe significare che il LED #9 deve essere acceso, cioè che la parte di ordine elevato della maschera deve essere modificata. Facciamolo:

```
        LDA #01
        STA LTMSKH
```

A questo punto, la maschera dei LED è configurata correttamente e possiamo fornire l'ordine di accensione dei LED:

```
NOBLNK  JSR LEDLTR
```

La routine LEDLTR accende i LED specificati dal registro X. Notate che se fosse stata una mossa del computer, questo LED sarebbe rimasto acceso in modo stazionario. Per una mossa del giocatore, invece, il LED sarebbe stato acceso e spento automaticamente al verificarsi degli interrupt.

Successivamente, dobbiamo aggiornare tutte le somme di riga. Il registro indice X viene impiegato come puntatore di riga. Verranno osservate tutte le otto righe in successione. Il bit carry viene azzerato, anticipando l'addizione:

```
        LDX #7
ADDROW  CLC
```

Innanzitutto viene esaminato il primo quadro della riga otto:

```
        LDY RWPT1,X
```

Notate che il registro indice Y conterrà il numero interno del quadrato successivo a questa istruzione. Questo verrà immediatamente sfruttato per un'altra operazione indicizzata. Verranno letti i contenuti del quadrato in modo che possa essere calcolata la nuova somma di riga. (La

somma di riga per la riga corrente può variare oppure no. Nessuna previsione speciale è stata fatta per restringere la ricerca alle due o tre righe influenzate). Tutte le righe vengono esaminate in successione e tutte le somme di riga vengono ricalcolate in modo da semplificare il programma.

Otteniamo il valore del quadrato corrente:

```
LDA GMBRD,Y
```

Si accede alla tabella GMBRD con l'impiego del registro indice Y come valore dello spostamento. Notate che le due istruzioni mostrate precedentemente implementano un'indicizzazione a due livelli. Questa è la tecnica più efficiente per il recupero dei dati. A questo punto l'accumulatore contiene il valore del primo quadrato. Esso verrà sommato al valore dei due quadrati successivi. Quindi il processo verrà ripetuto:

```
LDY RWPT2,X
ADC GMBRD,Y
```

Il numero del secondo quadrato è stato prelevato dall'istruzione LDY ed il suo valore memorizzato in Y. L'istruzione di addizione preleva il valore effettivo di quel quadrato da GMBRD e somma tale valore all'accumulatore. Questo processo viene eseguito un'altra volta per il terzo quadrato:

```
LDY RWPT3,X
ADC GMBRD,Y
```

Il valore finale contenuto nell'accumulatore viene quindi memorizzato nella tabella ROWSUM nella posizione specificata dal valore del registro indice X (l'indice della riga):

```
STA ROWSUM,X
```

Verrà quindi esplorata la riga successiva:

```
DEX
BPL ADDROW
```

Se X diventa negativo, si esce:

```
RTS
```

Subroutine LED LIGHTER

Questa subroutine assume che, all'atto della chiamata, il registro X contenga il numero interno del LED che deve essere acceso sulla scheda. Quindi la subroutine accenderà quel LED usando la subroutine LIGHT, che converte un numero nel registro X in una struttura di bit nell'accumulatore per l'accensione del LED specifico:

```
LEDLTR      JSR LIGHT
```

A questo punto, occorre aggiornare la Porta A, oppure la Porta B. Assumiamo inizialmente che sia la Porta 1A (se non è la Porta 1A possiamo trovarlo esaminando il bit carry successivo, quindi la configurazione contenuta nell'accumulatore è formata da tutti zeri e non varierà il valore della Porta 1A):

```
            ORA PORT1A
            STA PORT1A
            BCC LTRDN
```

Viene verificato il bit carry. Se esso è stato posto ad 1 dalla subroutine LIGHT, allora occorre accendere il LED #9. Questo viene eseguito inviando un "1" alla Porta 1B:

```
            LDA #1
            STA PORTB
            RTS
```

Subroutine PLRMV mossa del giocatore)

Questa subroutine ottiene una mossa corretta dal giocatore. Essa attira l'attenzione del giocatore ed attende un ingresso da tastiera. Se viene premuto un tasto diverso da quelli da 1 a 9, verrà ignorato. Ogni volta che la subroutine accetta una mossa, verifica che il quadrato relativo sulla scheda sia effettivamente vuoto. Se il quadrato non è vuoto la subroutine ignora la mossa del giocatore. Dapprima generiamo un chirp (cinguettìo) per attirare l'attenzione del giocatore:

```
PLRMV       LDA #$80
            STA DUR
```

```
        LDA #$10
        JSR TONE
```

Acquisiamo ora la chiusura del tasto:

```
KEYIN   JSR GETKEY
```

Dobbiamo ora controllare se il tasto premuto è compreso tra 1 e 9. Vediamo innanzitutto se non è maggiore o uguale a 10:

```
        CMP #10
        BCS KEYIN
```

Verifichiamo ora che non sia uguale a "zero":

```
        TAX
        BEQ KEYIN
```

Infine verifichiamo che non corrisponda ad un quadrato già occupato:

```
        LDA GMBRD-1,X
        BNE KEYIN
        RTS
```

Esercizio 11.6: *Modificate la precedente subroutine PLRMV in modo che venga generato un nuovo chip ogni volta che il giocatore esegue una mossa non corretta. Per informare il giocatore che ha eseguito una mossa non corretta, dovreste generare una sequenza di due chirp, impiegando un suono diverso da quello precedente.*

Subroutine LIGHT

Questa subroutine accetta un numero di LED nel registro X. Essa ritorna con la configurazione da inviare ai LED contenuta nell'accumulatore. Se deve essere acceso il LED #9 (X=8), il bit carry sarà uguale ad uno. Questa subroutine è immediata ed è già stata descritta precedentemente:

```
LIGHT   STX TEMP1
        SEC
        ROL A
```

```
        DEX
        BPL SHIFT
        LDX TEMP1
        RTS
```

Subroutine DELAY

Questa è una classica subroutine di ritardo. Essa impiega due cicli annidati con alcune istruzioni extra all'interno del ciclo predisposte per perdere tempo:

```
DELAY   LDY #$FF
DL1     LDX #$FF
DL2     ROL DUR
        ROR DUR
        DEX
        BNE DL2
        DEY
        BNE DL1
        RTS
```

Routine di manipolazione interrupt

Ogni volta che viene ricevuto un interrupt, verranno complementati i LED appropriati (spenti se accesi e viceversa). Le posizioni del LED da far lampeggiare sono specificate dai contenuti delle maschere LTMSK. Due byte sono impiegati nella memoria per le metà bassa ed alta, rispettivamente. (Vedere la Fig. 11.47 per la mappa di memoria).

L'operazione di commutazione dei bit viene eseguita mediante un'istruzione di OR esclusivo che è equivalente ad una complementazione logica. Poichè questa routine impiega l'accumulatore, i contenuti di A devono essere preservati all'inizio della routine. La subroutine è la seguente:

```
INTVEC  PHA
        LDA PORT1A
        EOR LTMSKL
        STA PORT1A
        LDA PORT1B
        EOR LTMSKH
        STA PORT1B
```

```
LDA TILL
PLA
RTI
```

Esercizio 11.7: *Notate la precedente istruzione LDA TILL. L'istruzione successiva di questa subroutine è PLA. Essa riscriverà i contenuti dell'accumulatore con le parole prelevate dallo stack. I contenuti dell'accumulatore, come letti da TILL, saranno perciò immediatamente distrutti. Questo è un errore di programmazione accidentalmente lasciato nel programma? In caso contrario qual'è il suo scopo? (Suggerimento: questa situazione è stata incontrata precedentemente. Fate riferimento ad uno dei capitoli precedenti.)*

Subroutine INITIALIZE

Questa subroutine è stata descritta precedentemente nel programma principale.

Subroutine RANDOM e TONE

Queste due subroutine sono state descritte nei programmi precedenti.

SOMMARIO

Questo programma è il più complesso di quelli sviluppati. Sono stati presentati diversi algoritmi, un'implementazione completa di un algoritmo *ad hoc* è stata studiata nei minimi dettagli. I lettori interessati ai giochi di strategia e di programmazione sono incoraggiati ad implementare un algoritmo alternativo.

```
LINE #LOC   CODE        LINE

0002  0000              ;  'TICTAC'
0003  0000              ;   PROGRAMMA PER ESEGUIRE IL TIC-TAC-TOE SUL SYM-1
0004  0000              ; COMPUTER CON UNA MATRICE DI LED 3 x 3 ED UNA
0005  0000              ;   TASTIERA ESADEC ALL'INIZIO DEL GIOCO, SE VIENE
0006  0000              ; PREMUTO IL TASTO "F". INIZIA IL GIOCATORE, CON
0007  0000              ; QUALSIASI ALTRO TASTO, INIZIA IL COMPUTER.
                        ; SUCCESSIVAMENTE,
0008  0000              ; PER ESEGUIRE UNA MOSSA, PREMETE IL TASTO
0009  0000              ; CORRISPONDENTE AL NUMERO DEL QUADRATO
                        ; DESIDERATO
0010  0000              ;
0011  0000              ; LINKAGES:
0012  0000              ;
0013  0000              GETKEY      = $ 100
0014  0000              ACCESS      = $ 8B86
0015  0000              ;
0016  0000              ;I/O:
0017  0000              ;
0018  0000              PORT1A      = $ A001   ; ** 6522 VIA #1...
0019  0000              DDR1A       = $ A003
0020  0000              PORT1B      = $ A000
0021  0000              DDR1B       = $ A002
0022  0000              IER         = $ A00E   ; REGISTRO ABILITAZIONE
                                               ; INTERRUPT.
0023  0000              ACR         = $ A00B   ; REGISTRO DI CONTROLLO
                                               ; AUSILIARIO.
0024  0000              T1LL        = $ A004     ; LATCH BASSO SUL TIMER 1.
0025  0000              T1CH        = $ A005     ; LATCH ALTO SUL TIMER 1.
0026  0000              PORT3B      = $ AC00       ; ** 6522 VIA #3....
0027  0000              DDR3B       = $ AC02
0028  0000              IRQVL       = $ A67E
0029  0000              IRQVH       = $ A67F
0030  0000              ;
0031  0000              ; TABELLA DEI QUADRATI NELLA MATRICE.
0032  0000              ;
0033  0000                          * = 0
0034  0000              ;
0035  0000  00          RWPT1         . BYTE 0, 1, 2, 0, 3, 6, 0, 2
0035  0001  01
0035  0002  02
0035  0003  00
0035  0004  03
0035  0005  06
0035  0006  00
0035  0007  02
0036  0008  03          RWPT2         . BYTE 3, 4, 5, 1, 4, 7, 4, 4
0036  0009  04
0036  000A  05
0036  000B  01
0036  000C  04
0036  000D  07
0036  000E  04
0036  000F  04
0037  0010  06          RWPT3         . BYTE 6, 7, 8, 2, 5, 8, 8, 6
0037  0011  07
0037  0012  08
0037  0013  02
0037  0014  05
0037  0015  08
0037  0017  06
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe

```
0038  0018                ;
0039  0018                ; VARIABLE STORAGES:
0040  0018                ;
0041  0018                CLRST                    ; PRIMA LOCAZIONE DA
                                                   ; AZZERARE MEDIANTE 'INIT'
0042  0018                GMBRD  *=*+9             ; SCHEDA GIOCHI: POSIZIONI DEL
                                                   ; GIOCATORE SULLA SCHEDA
0043  0021                          ;    $01  =  GIOCATORE,  $04  =  COMPUTER.
0044  0021                SQSTAT *=*+9             ; STATO TATTICO DEL QUADRATO.
0045  002A                ROWSUM*=*+8              ; SOMMA DEI VALORI DEI QUADRATI
0046  0032                          ; NELLA RIGA, DOVE 1 = GIOCATORE,
0047  0032                          ; 4 = COMPUTER, 0 = VUOTO.
0048  0032                RNDSCR *=*+6             ; RND # GEN. SCRATCHPAD.
0049  0038                TEMP1  *=*+1             ;
0050  0039                TEMP2  *=*+1             ;
0051  003A                MOVNUM  *=*+1            ; NUMERO DELLA MOSSA
                                                   ; CORRENTE.
0052  003B                PLAYR  *=*+1             ; DI CHI È IL TURNO.
0053  003C                LTMSKH *=*+1             ; MASCHERA DI LAMPEGGIO DEI
                                                   ; LED DI ORDINE ELEVATO
0054  003D                LTMSKL *=*+1             ; ANALOGA DI BASSO ORDINE.
0055  003E                DUR    *=*+1             ; DURATA DEI SUONI.
0056  003F                FREQ   *=*+1             ; FREQUENZA DEI SUONI.
0057  0040                CLREND                   ; ULTIMA LOCAZIONE DA
                                                   ; AZZERARE MEDIANTE 'INIT'.
0058  0040                ODDMSK*=*+1              ; RENDI DISPARI IL PRODOTTO
                                                   ; DEL GENERATORE
0059  0041                          ; DI MOSSE CASUALI PER POSIZIONE
                                    ; DELL'ANGOLO
0060  0041                INTEL  *=*+1             ; QUOZIENTE D'INTELLIGENZA.
0061  0042                ;
0062  0042                ; ***** PROGRAMMA SPECIALE *****
0063  0042                ;
0064  0042                      *=  $200
0065  0200                ;
0066  0200  A9 0C         START  LDA  #12
0067  0202  85 41                STA  INTEL         ; PONI IQ AL 75%
0068  0204  20 50 00      RESTRT JSR  INIT          ; INIZIALIZZA IL PROGRAMMA.
0069  0207  20 00 01             JSR  GETKEY        ; ACCETTA IL DETERMINATORE
                                                   ; DELLA PRIMA MOSSA.
0070  020A  C9 0F                CMP  # $F          ; È UNA 'F'?
0071  020C  D0 04                BNE  PLAYLP
0072  020E  A9 01                LDA  #01           ; SI, PRIMA IL GIOCATORE.
0073  0210  85 3B                STA  PLAYR
0074  0212  E6 3A         PLAYLP INC  MOVNUM        ; CONTA LE MOSSE.
0075  0214  A5 3B                LDA  PLAYR         ; A CHI TOCCA?
0076  0216  F0 0E                BEQ  COMPMV        ; SE 0, MOSSA DEL COMPUTER.
0077  0218  C6 3B                DEC  PLAYR         ; TURNO DEL GIOCATORE, DOPO
                                                   ; IL COMPUTER.
0078  021A  20 80 03             JSR  PLRMV         ; ACCETTA LA MOSSA DEL
                                                   ; GIOCATORE.
0079  021D  A9 01                LDA  #01           ; MEMORIZZA IL PEZZO DEL
                                                   ; GIOCATORE.
0080  021F  20 40 03             JSR  UPDATE        ; GIOCALO ED AGGIORNA LE
                                                   ; SOMME DI RIGA.
0081  0222  A9 03                LDA  #3            ; CARICA LA STRUTTURA PER LA
                                                   ; RICERCA DI UNA VITTORIA.
0082  0224  D0 0F                BNE  WINTST        ; CONTROLLO PER VITTORIA.
0083  0226  E6 3B         COMPMVINC  PLAYR          ; TURNO DEL COMPUTER, DOPO IL
                                                   ; GIOCATORE.
0084  0228  20 A4 03             JSR  DELAY         ; TEMPO PER SIMULARE IL
                                                   ; PENSARE' DEL COMPUTER.
0085  022B  20 9D 02             JSR  ANALYZ        ; TROVA LA MOSSA DEL
                                                   ; COMPUTER.
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0086  022E  A9 04                LDA  #04          ; MEMORIZZA IL PEZZO DEL
                                                   ; COMPUTER.
0087  0230  20 40 03            JSR  UPDATE       ; ESEGUILO.
0088  0233  A9 0C               LDA  #12          ; CARICA STRUTTURA DI RICERCA
                                                   ; DI VITTORIA.
0089  0235  A0 07      WINTST   LDY  #7           ; CICLA 7 VOLTE PER
                                                   ; CONTROLLARE LE SOMME DI
                                                   ; RIGA.
0090  0237  D9 2A 00   TSTLP    CMP  ROWSUM, Y    ; PER STRUTTURA VINCENTE.
0091  023A  F0 11               BEQ  WIN          ; VITTORIA SE STRUTTURA
                                                   ; TROVATA.
0092  023C  88                  DEY               ; CICLA E
0093  023D  10 F8               BPL  TSTLP        ; PROVA ANCORA.
0094  023F  A5 3A               LDA  MOVNUM       ; SE MOSSA NUMERO 9
0095  0241  C9 09               CMP  #9           ; ALLORA IL GIOCO È IN
                                                   ; PAREGGIO.
0096  0243  D0 CD               BNE  PLAYLP       ; ALTRIMENTI CONTINUA A
                                                   ; GIOCARE.
0097  0245  A9 FF               LDA  # $FF        ; IMPOSTA IL LAMPEGGIO DI
                                                   ; TUTTE LE LUCI.
0098  0247  85 3D               STA  LTMSKL
0099  0249  85 3C               STA  LTMSKH
0100  024B  D0 4A               BNE  DLY          ; CONSERVA IL LAMPEGGIO.
0101  024D  C9 0C      WIN      CMP  #12          ; VITTORIA DEL COMPUTER?
0102  024F  F0 0E               BEQ  INTDN        ; SE SI, I.Q. PIU' BASSO.
0103  0251  A9 1E               LDA  #30          ; CARICA COSTANTE DI FREQ. ER
                                                   ; TONO VINCENTE
0104  0253  85 3F               STA  FREQ
0105  0255  A5 41               LDA  INTEL
0106  0257  C9 0F               CMP  # $0F        ; I.Q. ERA PIU' ALTO POSSIBILE?
0107  0259  F0 0E               BEQ  GTMSK        ; SE SI, NON CAMBIARLO.
0108  025B  E6 41               INC  INTEL        ; AUMENTA I.Q.
0109  025D  D0 0A               BNE  GTMSK        ; ESEGUI IL LAMPEGGIO DELLA
                                                   ; RIGA.
0110  025F  A9 FF      INTDN    LDA  # $FF        ; CARICA COSTANTE DI FREQ. PER
                                                   ; SUONO DI SCONFITTA
0111  0261  85 3F               STA  FREQ
0112  0263  A5 41               LDA  INTEL        ; I.Q. = 0?
0113  0265  F0 02               BEQ  GTMSK        ; SE SI, NON DECREMENTARLO
0114  0267  C6 41               DEC  INTEL        ; I.Q. PIU' BASSO.
0115  0269  A9 00      GTMSK    LDA  #0           ; AZZERA TUTTI I LED.
0116  026B  8D 01 A0            STA  PORT1A
0117  026E  8D 00 A0            STA  PORT1B
0118  0271  B6 00               LDX  RWPT1, Y     ; ACCETTA BIT
                                                   ; NELL'ACCUMULATORE PER
                                                   ; ACCENDERE
0119  0273                      ; I LED CORRISPONDENTI AL PRIMO QUADRATO
0120  0273                      ; NELLA RIGA VINCENTE.
0121  0273  20 6F 03            JSR  LEDLTR
0122  0276  B6 08               LDX  RWPT2, Y     ; ACCETTA IL SECONDO BIT.
0123  0278  20 6F 03            JSR  LEDLTR
0124  027B  B6 10               LDX  RWPT3, Y     ; ACCETTA IL TERZO BIT.
0125  027D  20 6F 03            JSR  LEDLTR
0126  0280  AD 01 00            LDA  PORT1A       ; MASCHERA I BIT NON NECESSARI
0127  0283  25 3D               AND  LTMSKL       ; DELLA MASCHERA DI LAMPEGGIO
0128  0285  85 3D               STA  LTMSKL
0129  0287  AD 00 A0            LDA  PORT1B
0130  128A  25 3C               AND  LTMSKH
0131  028C  85 3C               STA  LTMSKH
0132  028E  A9 FF               LDA  # $FF        ; IMPOSTA LA DURATA DEL TONO
                                                   ; DI VINCITA/PERDITA.
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0133  0290  85 3E              STA  DUR
0134  0292  A5 3F              LDA  FREQ      ; ACCETTA LA FREQUENZA.
0135  0294  20 AD 00           JSR  TONE      ; ESEGUI IL TONO.
0136  0297  20 A4 03  DLY      JSR  DELAY     ; RITARDO PER MOSTRARE
                                              ; VINCITA O PAREGGIO.
0137  029A  4C 04 02           JMP  RESTRT    ; INIZIO NUOVO GIOCO, NON
                                              ; CAMBIARE I.Q.
0138  029D                ;
0139  029D                ; ***** SUBROUTINE 'ANALYZE' *****
0140  029D                ; ESEGUE UN'ANALISI STATICA DELLA MATRICE DEL GIOCO E
0141  029D                ; RITORNA CON UNA MOSSA NEL REGISTRO X.
0142  029D                ;
0143  029D  A9 00     ANALYZ LDA  #0        ; PONI A 0 LA MASCHERA PER
                                              ; ESEGUIRE MOSSE CASUALI
0144  029F  85 40              STA  ODDMSK    ; AI LATI.
0145  02A1  A9 08              LDA  #8        ; CONTROLLA PER MOSSA
0146  02A3  A2 03              LDX  #03       ; VINCENTE DEL COMPU'TER.
0147  02A5  20 04 03           JSR  FINDMV
0148  02A8  D0 59              BNE  DONE      ; SE TROVATA, RITORNO.
0149  02AA  A9 02              LDA  #2        ;CONTROLLA PER MOSSA VINCENTE
0150  02AC  A2 03              LDX  #3        ; DEL GIOCATORE.
0151  02AE  20 04 03           JSR  FINDMV
0152  02B1  D0 50              BNE  DONE      ; SE TROVATA, RITORNO.
0153  02B3  A9 04              LDA  #04       ; IL COMPUTER PUO' IMPOSTARE
                                              ; UNA TRAPPOLA?
0154  02B5  A2 02              LDX  #2
0155  02B7  20 04 03           JSR  FINDMV
0156  02BA  D0 47              BNE  DONE      ; SE SI, ESEGUILA.
0157  02BC  20 9A 00           JSR  RANDOM    ; ACCETTA UN NUMERO CASUALE...
0158  02BF  29 0F              AND  #$0F      ; ...E RENDILO DA 0 A 15...
0159  02C1  C5 41              CMP  INTEL     ; PER L'IMPIEGO COME
                                              ; DISCRIMINANTE STUPIDO
                                              ; /INTELLIGENTE
0160  02C3  F0 02              BEQ  OK        ; SE SONO UGUALI, SALTA IL TEST.
0161  02C5  B0 2B              BCS  RNDMV     ; SE RND # > INTEL, ESEGUI UNA
                                              ; MOSSA CASUALE.
0162  02C7  A6 3A       OK     LDX  MOVNUM
0163  02C9  E0 01              CPX  #1        ; PRIMA MOSSA?
0164  02CB  F0 25              BEQ  RNDMV     ; SE SI, GIOCA UN QUADRATO
                                              ; QUALSIASI.
0165  02CD  E0 04              CPX  #4        ; QUARTA MOSSA?
0166  02CF  D0 0C              BNE  TRAPCK    ; SE NO, CONTINUA.
0167  02D1  A2 06              LDX  #6        ; CARICA L'INDICE ALLA PRIMA
                                              ; SOMMA DI RIGA DIAGONALE.
0168  02D3  8A                 TXA            ; CARICA SOMMA DELLA
                                              ; POSIZIONE DI RIGA AVENTE
                                              ; C-G-C.
0169  02D4  D5 2A              CMP  ROWSUM, X ; CONTROLLA SE LA PRIMA
                                              ; DIAGONALE È G-C-G.
0170  02D6  F0 16              BEQ  ODDRND    ; SE SI, GIOCA LATERALMENTE.
0171  02D8  E8                 INX            ; CONTROLLA LA SOMMA DI RIGA
                                              ; NELLA DIAGONALE SUCCESSIVA
0172  02D9  D5 2A              CMP  ROWSUM, X
0173  02D8  F0 11              BEQ  ODDRND
0174  02DD  A9 01       TRAPCK LDA  # 1       ; IL GIOCATORE PUO' IMPOSTARE
                                              ; UNA TRAPPOLA?
0175  02DF  A2 02              LDX  #2
0176  02E1  20 04 03           JSR  FINDMV
0177  02E4  D0 1D              BNE  DONE      ; SE SI, BLOCCA IL GIOCATORE.
0178  02E6  A6 1C              LDX  GMBRD+4   ; IL CENTRO È
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0179  02E8  D0 08              BNE RNDMV      ; OCCUPATO?
0180  02EA  A2 05              LDX #5         ; NO, GIOCALO.
0181  02EC  D0 15              BNE DONE
0182  02EE  A9 01     ODDRND LDA #1          ; PONI ODDMASK AD 1, QUINDI
0183  02F0  85 40              STA ODDMSK     ; LA MOSSA SARA' LATERALE.
0184  02F2  20 9A 00  RNDMV  JSR RANDOM       ; ACCETTA # CASUALE PER LA
                                               ; MOSSA.
0185  02F5  29 0F              AND # $0F      ; RENDILO DA 0 A 15.
0186  02F7  05 40              ORA ODDMSK     ; ESEGUI # DISPARI SE RICHIESTO
                                               ; ANGOLO.
0187  02F9  C9 09              CMP #9         ; NUMERO TROPPO ALTO?
0188  02FB  B0 F5              BCS RNDMV      ; SE SI, ACCETTANE UN ALTRO.
0189  02FD  AA                 TAX
0190  02FE  B5 18              LDA GMBRD, X   ; SPAZIO OCCUPATO?
0191  0300  D0 F0              BNE RNDMV      ; SE SI, ACCETTA UN'ALTRA
                                               ; MOSSA.
0192  0302  E8                 INX            ; INCREMENTA X PER
                                               ; UGUAGLIARE L'USCITA DI
                                               ; FINDMV.
0193  0303  60        DONE     RTS            ; RITORNO CON MOSSA IN X.
0194  0304                    ;
0195  0304                    ; ***** SUBROUTINE 'FIND MOVE' *****
0196  0304                    ; TROVA UN QUADRATO CHE SODDISFA LE SPECIFICHE
0197  0304                    ; TRASFERITE IN A ED X.
0198  0304                    ; IL REGISTRO INDICE X CONTIENE
0199  0304                    ; LA MASCHERA CHE, SOTTOPOSTA AD OR CON IL
0200  0304                    ; NUMERO DI VOLTE, CHE UN QUADRATO APPROSSIMA LA
                              ; RIGA CON
0201  0304                    ; LA SOMMA DI RIGA NELL'ACCUM., DEVE PRODURRE UN UNO
0202  0304                    ; PER QUALIFICARE IL QUADRATO.
0203  0304                    ;
0204  0304  86 39     FINDMV STX TEMP2       SALVA I REGISTRI.
0205  0306  85 38              STA TEMP1
0206  0308  A9 00              LDA #0         ; AZZERA I REGISTRI DI STATO DEL
                                               ; QUADRATO.
0207  030A  A0 08              LDY #8
0208  030C  99 21 00  CLRLP  STA SQSTAT, Y
0209  030F  88                 DEY
0210  0310  10 FA              BPL CLRLP
0211  0312  A0 07              LDY #7         ; CICLA 7 VOLTE.
0212  0314  A5 38     CHEKLP LDA TEMP1        ; LA SOMMA DI RIGA È
0213  0316  D9 2A 00           CMP ROWSUM, Y  ; UGUALE AL PARAMETRO?
0214  0319  D0 0F              BNE NOCHEK     ; SE NO, PASSA ALLA SUCCESSIVA.
0215  031B  B6 00              LDX RWPT1, Y   ; CONTROLLA IL PRIMO QUADRATO
                                               ; NELLA RIGA.
0216  031D  20 39 03           JSR CNTSUB     ; INCREMENTA IL SUO STATO SE
                                               ; È VUOTO.
0217  0320  B6 08              LDX RWPT2, Y   ; ESEGUI IL SECONDO QUADRATO.
0218  0322  20 39 03           JSR CNTSUB
0219  0325  B6 10              LDX RWPT3, Y   ; ED IL TERZO.
0220  0327  20 39 03           JSR CNTSUB
0221  032A  88        NOCHEK DEY             ; PROVA LA RIGA SUCCESSIVA.
0222  032B  10 E7              BPL CHEKLP
0223  032D  A2 09              LDX #9
0224  032F  A5 39     FNMTCH LDA TEMP2        ; CARICA IL PARAMETRO...
0225  0331  35 20              AND SQSTAT-1,X ; (STATO DEL QUADRATO) AND
                                               ; (PARAMETRO) ; 0?
0226  0333  D0 03              BNE FOUND      ; SE SI, ESEGUI X COME MOSSA.
0227  0335  CA                 DEX            ; INCREMENTA E PROVA IL
                                               ; SUCCESSIVO
                                               ; STATO DEL QUADRATO
0228  0336  D0 F7              BNE FNMTCH
0229  0338  60        FOUND    RTS
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0230  0339                ;
0231  0339                ; ***** SUBROUTINE 'CONTSUB' *****
0232  0339                ; INCREMENTA LO STATO DEL QUADRATO DEI QUADRATI
                          ; VUOTI.
0233  0339                ;
0234  0339  B5 18         CNTSUB LDA  GMBRD, X   ; ACCETTA QUADRATO.
0235  033B  D0 02                BNE  NOCNT      ; SE PIENO, SALTA.
0236  033D  F6 21                INC  SQSTAT, X  ; INCREMENTA LO STATO DEL
                                                 ; QUADRATO.
0237  033F  60            NOCNT  RTS             ; FATTO.
0238  0340                ;
0239  0340                ; ***** SUBROUTINE 'UPDATE' *****
0240  0340                ; ESEGUE LA MOSSA MEMORIZZANDO IL CODICE TRASFERITO
                          ; NELL'ACCUM.
0241  0340                ; AL QUADRATO SPECIFICATO DAL REG. X.
0242  0340                ; INOLTRE ACCENDE/LAMPEGGIA IL LED APPROPRIATO,
0243  0340                ; E CALCOLA LE SOMME DI RIGA.
0244  0340                ;
0245  0340  CA            UPDATE DEX             ; DECREMENTA LA MOSSA PER
                                                 ; INDICIZZAZIONE
0246  0341  95 18                STA  GMBRD, X   ; ESEGUI LA MOSSA.
0247  0343  C9 04                CMP  # $ 04     ; MOSSA DEL COMPUTER?
0248  0345  F0 0D                BEQ  NOBLNK     ; SE SI, NON IMPOSTARE IL
                                                 ; LAMPEGGIO DEL LED.
0249  0347  20 98 03             JSR  LIGHT      ; MOSSA DEL GIOCATORE:
                                                 ; ACCETTA IL BIT
                                                 ; CORRISPONDENTE.
0250  034A                                ; AL LED DA LAMPEGGIARE
0251  034A  05 3D                ORA  LTMSKL     ; CARICA IL BIT NELLA MASCHERA
                                                 ; DI LAMPEGGIO.
0252  034C  85 3D                STA  LTMSKL
0253  034E  90 04                BCC  NOBLNK     ; SE C = 0, NON IMPOSTARE IL BIT 9.
0254  0350  A9 01                LDA  # 01       ; PONI AD 1 IL BIT 9 PER IL
                                                 ; LAMPEGGIO.
0255  0352  85 3C                STA  LTMSKH
0256  0354  20 6F 03  NOBLNK JSR  LEDLTR         ; ACCENDI IL LED.
0257  0357  A2 07                LDX  # 7        ; CICLO PER CALCOLARE LE
                                                 ; SOMME DI RIGA.
0258  0359  18            ADDROW CLC             ; PREPARA PER L'ADDIZIONE.
0259  035A  B4 00                LDY  RWPT1, X   ; ACCETTA L'INDIRIZZO DEL
                                                 ; PRIMO QUADRATO.
0260  035C  B9 18 00             LDA  GMBRD, Y   ; ACCETTA I CONTENUTI DEL
                                                 ; QUADRATO.
0261  035F  B4 08                LDY  RWPT2, X   ; SOMMA IL SECONDO QUADRATO
                                                 ; NELLA RIGA.
0262  0361  79 18 00             ADC  GMBRD, Y
0263  0364  B4 10                LDY  RWPT3, X   ; SOMMA IL QUADRATO FINALE.
0264  0366  79 18 00             ADC  GMBRD, Y
0265  0369  95 2A                STA  ROWSUM, X  ; SALVA LA SOMMA DI RIGA.
0266  036B  CA                   DEX
0267  036C  10 EB                BPL  ADDROW     ; ACCETTA LA SOMMA DI RIGA
                                                 ; SUCCESSIVA.
0268  036E  60                   RST
0269  036F                ;
0270  036F                ; ***** SUBROUTINE 'LED LIGHTER' *****
0271  036F                ; DATO UN ARGOMENTO NEL REGISTRO X, ACCENDE IL LED
0272  036F                ; (0-8) CORRISPONDENTE A QUELL'ARGOMENTO.
0273  036F                ;
0274  036F  20 98 03      LEDLTR JSR  LIGHT      ; ACCETTA IL BIT NELLA
                                                 ; POSIZIONE CORRETTA.
0275  0372  0D 01 A0             ORA  PORT1A     ; ACCENDI IL LED.
0276  0375  8D 01 A0             STA  PORT1A
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0277  0378  90 05              BCC LTRDN        ; SE IL LED # 9 NON ERA ACCESO,
                                                 ; SALTA.
0278  037A  A9 01              LDA # 1          ; ACCENDI IL LED # 9.
0279  037C  8D 00 A0           STA PORT1B
0280  037F  60          LTRDN  RTS              ; FATTO.
0281  0380              ;
0282  0380              ; ***** SUBROUTINE 'PLAYER'S MOVE' *****
0283  0380              ; ACCETTA LA MOSSA DEL GIOCATORE, CONTROLLANDO PER
                        ; ERRORI.
0284  0380              ;
0285  0380  A9 80       PLRMV  LDA # $ 80       ; ESEGUE UN BEEP BREVE PER
                                                 ; SEGNALARE
0286  0382  85 3E              STA DUR          ; LA RICHIESTA D'INGRESSO DA
                                                 ; TASTIERA.
0287  0384  A9 10              LDA # $ 10
0288  0386  20 AD 00           JSR TONE
0289  0389  20 00 01    KEYIN  JSR GETKEY       ; ACCETTA MOSSA.
0290  038C  C9 0A              CMP # 10         ; FUORI LIMITI?
0291  038E  B0 F9              BCS KEYIN        ; SE SI, ACCETTANE UN'ALTRA.
0292  0390  AA                 TAX
0293  0391  F0 F6              BEQ KEYIN        ; SE MOSSA = 0, ACCETTANE
                                                 ; UN'ALTRA.
0294  0393  B5 17              LDA GMBRD-1, X   ; QUADRATO VUOTO?
0295  0395  D0 F2              BNE KEYIN        ; SE NO, PROVA ANCORA.
0296  0397  60                 RTS
0297  0398              ;
0298  0398              ; ***** SUBROUTINE 'LIGHT' *****
0299  0398              ; FA SCORRERE A SINISTRA UN BIT UNO NELL'ACCUMULATORE
0300  0398              ; FINO ALLA POSIZIONE CORRISPONDENTE
0301  0398              ; ALL'ARGOMENTO PASSATO NEL REGISTRO X, SE X=8
0302  0298              ; IL CARRY VIENE POSTO AD 1.
0303  0398              ;
0304  0398  86 38       LIGHT  STX TEMP1        ; SALVA X
0305  039A  A9 00              LDA # 0          ; AZZERA L'ACCUMULATORE PER
                                                 ; LO SCORRIMENTO.
0306  039C  38                 SEC              ; ACCETTA IL BIT PER LO
                                                 ; SCORRIMENTO.
0307  039D  2A          SHIFT  ROL A            ; SCORRIMENTO DEL BIT A
                                                 ; SINISTRA.
0308  039E  CA                 DEX
0309  039F  10 FC              BPL SHIFT        ; CONTO ALLA ROVESCIA E CICLO.
0310  03A1  A6 38              LDX TEMP1        ; RIMEMORIZZA X.
0311  03A3  60                 RTS
0312  03A4              ;
0313  03A4              ; ***** SUBROUTINE 'DELAY' *****
0314  03A4              ;
0315  03A4  A0 FF       DELAY  LDY # $ FF
0316  03A6  A2 FF       DL1    LDX # $ FF
0317  03A8  26 3E       DL2    ROL DUR          ; CONSUMA TEMPO.
0318  03AA  66 3E              ROR DUR
0319  03AC  CA                 DEX
0320  03AD  D0 F9              BNE DL2
0321  03AF  88                 DEY
0322  03B0  D0 F4              BNE DL1
0323  03B2  60                 RTS
0324  03B3              ;
0325  03B3              ; ***** ROUTINE DI MANIPOLAZIONE INTERRUPT *******
0326  03B3              ; AD OGNI INTERRUPT, I LED LE CUI POSIZIONI NELLA
                        ; MASCHERA
0327  03B3              ; DI LAMPEGGIO CORRISPONDONO AD UNI, VENGONO
0328  03B3              ; ACCESI E SPENTI ALTERNATIVAMENTE.
0329  03B3  48          INTVEC PHA
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0330  03B4  AD 01 A0          LDA PORT1A
0331  03B7  45 3D             EOR LTMSKL
0332  03B9  8D 01 A0          STA PORT1A
0333  03BC  AD 00 A0          LDA PORT1B
0334  03BF  45 3C             EOR LTMSKH
0335  03C1  8D 00 A0          STA PORT1B
0336  03C4  AD 04 A0          LDA T1LL
0337  03C7  68                PLA
0338  03C8  40                RTI
0339  03C9            ;
0340  03C9            ; ***** SUBROUTINE 'INITIALIZE' *****
0341  03C9            ; INIZIALIZZA IL PROGRAMMA.
0342  03C9            ;
0343  03C9                    *    = $ 50
0344  0050            ;
0345  0050  A9 00     INIT    LDA # 0          ; AZZERA LE MEMORIE.
0346  0052  A2 28             LDX # CLREND-CLRST
0347  0054  95 18     CLRALL  STA CLRST, X
0348  0056  CA                DEX
0349  0057  10 FB             PBL CLRALL
0350  0059  AD 04 A0          LDA T1LL         ; ACCETTA IL SEME DEL
                                               ; GENERATORE DI NUMERI
                                               ; CASUALI.
0351  005C  85 33             STA RNDSCR + 1
0352  005E  85 36             STA RNDSCR + 4
0353  0060  A9 FF             LDA # $ FF
0354  0062  8D 03 A0          STA DDR1A        ; IMPOSTA I/O
0355  0065  8D 02 A0          STA DDR1B
0356  0068  8D 02 AC          STA DDR3B
0357  006B  A9 00             LDA # 0          ; AZZERA I LED
0358  006D  8D 01 A0          STA PORT1A
0359  0070  8D 00 A0          STA PORT1B
0360  0073            ; PREDISPONI IL TIMER PER GLI INTERRUPT CHE
0361  0073            ; ESEGUONO IL LAMPEGGIO DEI LED.
0362  0073  20 86 8B          JSR ACCESS       ; LA MEMORIA NON PROTETTA
                                               ; DEL SISTEMA SYM-1
0363  0076                    ; SERVE PER I VETTORI DI INTERRUPT.
0364  0076  A9 B3             LDA # : INTVEC   ; CARICA IL BYTE BASSO DEL
                                               ; VETTORE DI INTERRUPT.
0365  0078  8D 7E A6          STA IRQVL        ; MEMORIZZA ALLA LOCAZIONE
                                               ; DEL VETTORE DI INTERRUPT.
0366  007B  A9 03             LDA # : INTVEC   ; CARICA IL BYTE ALTO DEL
                                               ; VETTORE DI INTERRUPT.
0367  007D  8D 7F A6          STA IRQVH        ; MEMORIZZALO.
0368  0080  A9 7F             LDA # $ 7F       ; AZZERA IL REGISTRO DI
                                               ; ABILITAZIONE INTERRUPT.
0369  0082  8D 0E A0          STA IER
0370  0085  A9 C0             LDA # $ C0       ; ABILITA INTERRUPT DEL TIMER 1.
0371  0087  8D 0E A0          STA IER
0372  008A  A9 40             LDA # $ 40       ; ABILITA IL TIMER 1 NEL MODO A
                                               ; CORSA LIBERA.
0373  008C  8D 0B A0          STA ACR
0374  008F  A9 FF             LDA # $ FF
0375  0091  8D 04 A0          STA T1LL         ; PONI LATCH BASSO SUL TIMER 1.
0376  0094  8D 05 A0          STA T1CH         ; PONI LATCH ALTO & INIZIO
                                               ; CONT. INTERRUPT.
0377  0097  58                CLI              ; ABILITA GLI INTERRUPT.
0378  0098  D8                CLD
0379  0099  60                RTS
0380  009A            ;
0381  009A            ; ***** SUBROUTINE 'RANDOM' *****
0382  009A            ; GENERATORE DI NUMERI CASUALI: RESTITUISCE UN NUOVO
0383  009A            ; NUMERO CASUALE NELL'ACCUMULATORE.
```

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

```
0384  009A                ;
0385  009A  38            RANDOMSEC
0386  009B  A5 33                LDA  RNDSCR + 1
0387  009D  65 36                ADC  RNDSCR + 4
0388  009F  65 37                ADC  RNDSCR + 5
0389  00A1  85 32                STA  RNDSCR
0390  00A3  A2 04                LDX  # 4
0391  00A5  B5 32       RNDLP    LDA  RNDSCR, X
0392  00A7  95 33                STA  RNDSCR + 1, X
0393  00A9  CA                   DEX
0394  00AA  10 F9                BPL  RNDLP
0395  00AC  60                   RTS
0396  00AD                ;
0397  00AD                ; ***** SUBROUTINE 'TONE' *****
0398  00AD                ; GENERA UN SUONO: IL NUMERO DI 1/2 CICLI DEVE ESSERE
0399  00AD                ; IN DUR E LA
0400  00AD                ; COSTANTE DI LUNGHEZZA D'ONDA NELL'ACCUMULATORE.
0401  00AD                ;
0402  00AD  85 3F       TONE     STA  FREQ
0403  00AF  A9 FF                LDA  # $ FF
0404  00B1  8D 00  AC            STA  PORT3B
0405  00B4  A9 00                LDA  # 00
0406  00B6  A6 3E                LDX  DUR
0407  00B8  A4 3F       FL2      LDY  FREQ
0408  00BA  88          FL1      DEY
0409  00BB  18                   CLC
0410  00BC  90 00                BCC  * + 2
0411  00BE  D0 FA                BNE  FL1
0412  00C0  49 FF                EOR  # $ FF
0413  00C2  8D 00  AC            STA  PORT3B
0414  00C5  CA                   DEX
0415  00C6  D0 F0                BNE  FL2
0416  00C8  60                   RTS
0417  00C9                       .END
```

SYMBOL TABLE

SYMBOL	VALUE						
ACCESS	8B86	ACR	A00B	ADDR0W	0359	ANALIZ	029D
CHEKLP	0314	CLRALL	0054	CLREND	0040	CLRLP	030C
CLRST	0018	CNTSUB	0339	COMPMV	0226	DDR1A	A003
DDR1B	A002	DDR3B	AC02	DELAY	03A4	DL1	A3A6
DL2	03A8	DLY	0297	DONE	0303	DUR	003E
FINDMV	0304	FL1	00BA	FL2	00B8	FNMITCH	032F
FOUND	0338	FREQ	003F	GETKEY	0100	GMBRD	0018
GTMSK	0269	IER	A00E	INIT	0050	INTDN	025F
INTEL	0041	INTVEC	03B3	IRQVH	A67F	IRQVL	A67E
KEYIN	0389	LEDLTR	036F	LIGHT	0398	LTMSKH	003C
LTMSKL	003D	LTRDN	037F	MOVNUM	003A	NOBLNK	0354
NOCHEK	032A	NOCNT	033F	ODDMSK	0040	ODDRND	02EE
OK	02C7	PLAYLP	0212	PLAYR	003B	PLRMV	0380
PORT1A	A001	PORT1B	A000	PORT3B	1C00	RANDOM	009A
RESTRT	0204	RNDLP	00A5	RNDMV	02F2	RNDSCR	0032
ROWSUM	002A	RWPT1	0000	RWPT2	0008	RWPT3	0010
SHIFT	039D	SQSTAT	0021	START	0200	T1CH	A005
T1LL	A004	TEMP1	0038	TEMP2	0039	TONE	00AD
TRAPCK	02DD	TSTLP	0237	UPDATE	0340	WIN	024D
WINTST	0235						

END OF ASSEMBLY

Figura 11.50: Il programma del Tic-Tac-Toe (continua)

APPENDICE B

ISTRUZIONI IN ORDINE ALFABETICO DEL 6502

ADC	Somma con riporto
AND	AND Logico
ASL	Spostamento Aritmetico a Sinistra
BCC	Opera diramazione se carry è zero
BCS	Opera diramazione se carry è uno
BEQ	Opera diramazione se risultato = 0
BIT	Verifica di bit
BMI	Opera diramazione se negativo
BNE	Opera diramazione se diverso da 0
BPL	Opera diramazione se positivo
BRK	Break
BVC	Opera diramazione se overflow è 0
BVS	Opera diramazione se overflow è 1
CLC	Azzera carry
CLD	Azzera il flag decimale
CLI	Azzera la disabilitazione interrupt
CLV	Azzera overflow
CMP	Confronta con l'accumulatore
CPX	Confronta con X
CPY	Confronta con Y
DEC	Decrementa la memoria
DEX	Decrementa X
DEY	Decrementa Y
EOR	OR Esclusivo
INC	Incrementa X
INY	Incrementa Y
JMP	Salta
JSR	Salta alla subroutine
LDA	Carica l'accumulatore
LDX	Carica X
LDY	Carica Y
LSR	Spostamento logico a destra
NOP	Non opera
ORA	OR Logico
PHA	Introduce A
PHP	Introduce lo stato P
PLA	Estrae A
PLP	Estrae lo stato P
ROL	Rotazione a sinistra
ROR	Rotaziona a destra
RTI	Ritorno da Interrupt
RTS	Ritorno da subroutine
SBC	Sottrae con riporto
SEC	Pone carry ad 1
SED	Pone decimale ad 1
SEI	Pone disabilitazione interrupt ad 1
STA	Immagazzina l'accumulatore
STX	Immagazzina X
STY	Immagazzina Y
TAX	Trasferisce A in X
TAY	Trasferisce A in Y
TSX	Trasferisce SP in X
TXA	Trasferisce X in A
TXS	Trasferisce X in SP
TYA	Trasferisce Y in A

APPENDICE B

SET DI ISTRUZIONI DEL 6502: ESADECIMALE E TIMING

		IMPLICATO			ACCUM.			ASSOLUTO			PAGINA ZERO			IMMEDIATO			ABS X			ABS Y		
MNEMONICO		OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#
ADC	(1)							6D	4	3	65	3	2	69	2	2	7D	4	3	79	4	3
AND	(1)							2D	4	3	25	3	2	29	2	2	3D	4	3	39	4	3
ASL					0A	2	1	0E	6	3	06	5	2				1E	7	3			
BCC	(2)																					
BCS	(2)																					
BEQ	(2)																					
BIT								2C	4	3	24	3	2									
BMI	(2)																					
BNE	(2)																					
BPL	(2)																					
BRK		00	7	1																		
BVC	(2)																					
BVS	(2)																					
CLC		18	2	1																		
CLD		D8	2	1																		
CLI		58	2	1																		
CLV		B8	2	1																		
CMP								CD	4	3	C5	3	2	C9	2	2	DD	4	3	D9	4	3
CPX								EC	4	3	E4	3	2	E0	2	2						
CPY								CC	4	3	C4	3	2	C0	2	2						
DEC								CE	6	3	C6	5	2				DE	7	3			
DEX		CA	2	1																		
DEY		88	2	1																		
EOR	(1)							4D	4	3	45	3	2	49	2	2	5D	4	3	59	4	3
INC								EE	6	3	E6	5	2				FE	7	3			
INX		E8	2	1																		
INY		C8	2	1																		
JMP								4C	3	3												
JSR								20	6	3												
LDA	(1)							AD	4	3	A5	3	2	A9	2	2	BD	4	3	B9	4	3
LDX	(1)							AE	4	3	A6	3	2	A2	2	2				BE	4	3
LDY	(1)							AC	4	3	A4	3	2	A0	2	2	BC	4	3			
LSR					4A	2	1	4E	6	3	46	5	2				5E	7	3			
NOP		EA	2	1																		
ORA								0D	4	3	05	3	2	09	2	2	1D	4	3	19	4	3
PHA		48	3	1																		
PHP		08	3	1																		
PLA		68	4	1																		
PLP		28	4	1																		
ROL					2A	2	1	2E	6	3	26	5	2				3E	7	3			
ROR					6A	2	1	6E	6	3	66	5	2				7E	7	3			
RTI		40	6	1																		
RTS		60	6	1																F9	4	3
SBC	(1)							ED	4	3	E5	3	2	E9	2	2	FD	4	3			
SEC		38	2	1																		
SED		F8	2	1																		
SEI		78	2	1																		
STA								8D	4	3	85	2					9D	5	3	99	5	3
STX								8E	4	3	86	2										
STY								8C	4	3	84	2										
TAX		AA	2	1																		
TAY		A8	2	1																		
TSX		BA	2	1																		
TXA		8A	2	1																		
TXS		9A	2	1																		
TYA		98	2	1																		

(1) Somma 1 ad n se si attraversa il limite della pagina

(IND X)			(IND)Y			PAGINA Z,X			RELATIVO			INDIRETTO			PAGINA Z,Y			CODICI DI STATO DEL PROCESSORE								
OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	OP	n	#	N	V		B	D	I	Z	C	MNEMONIC
61	6	2	71	5	2	75	4	2										●	●					●	●	ADC
21	6	2	31	5	2	35	4	2										●						●		AND
						16	6	2										●						●	●	ASL
									90	2	2															BCC
									BO	2	2															BCS
									FO	2	2															BEQ
																		M7	M6					●		BIT
									30	2	2															BMI
									DO	2	2															BNE
									10	2	2															BPL
																					1		1			BRK
									50	2	2															BVC
									70	2	2															BVS
																									0	CLC
																						0				CLD
																							0			CLI
																			0							CLV
C1	6	2	D1	5	2	D5	4	2										●						●	●	CMP
																		●						●	●	CPX
																		●						●	●	CPY
						D6	6	2										●						●		DEC
																		●						●		DEX
																		●						●		DEY
41	6	2	51	5	2	55	4	2										●						●		EOR
						F6	6	2										●						●		INC
																		●						●		INX
																		●						●		INY
												6C	5	3												JMP
																										JSR
A1	6	2	B1	5	2	B5	4	2										●						●		LDA
															B6	4	2	●						●		LDX
						B4	4	2										●						●		LDY
						56	6	2										0						●	●	LSR
																										NOP
01	6	2	11	5	2	15	4	2										●						●		ORA
																										PHA
																										PHP
																		●						●		PLA
																		●	●	●	●	●	●	●	●	PLP
						36	6	2										●						●	●	ROL
						76	6	2										●						●	●	ROR
																		●	●	●	●	●	●	●	●	RTI
																										RTS
E1	6	2	F1	5	2	F5	4	2										●	●					●	●	SBC
																									1	SEC
																						1				SED
																							1			SEI
81	6	2	91	6	2	95	4	2																		STA
															96	4	2									STX
						94	4	2																		STY
																		●						●		TAX
																		●						●		TAY
																		●						●		TSX
																		●						●		TXA
																										TXS
																		●						●		TYA

(2) Somma 2 ad n se si salta entro la pagina
Somma 3 ad n se si salta ad un'altra pagina

I giochi costituiscono il modo pratico e divertente per assimilare le tecniche di programmazione studiate ("Programmazione del 6502" e "Applicazioni del 6502"). Nel processo passo-passo di spiegazione dei giochi proposti, infatti, da quelli semplici a quelli estremamente complessi, da quelli passivi a quelli strategici, il lettore affinerà le tecniche di programmazione in Assembler, impiegherà diverse strutture dati e implementerà le tecniche di ingresso/uscita. In pratica, le stesse tecniche e gli stessi concetti che qualsiasi programmatore rigoroso segue per la progettazione di una soluzione programmata di un problema che può essere di controllo industriale come di applicazioni commerciali.
Ogni gioco comporta le regole, le istruzioni, gli algoritmi e il programma (struttura dei dati, tecniche di programmazione e descrizione dettagliata). Ogni programma, attentamente collaudato, occupa meno di 1 K di memoria e, pur richiedendo l'impiego di una scheda SYM, può essere facilmente adattato a qualsiasi altro computer basato sul 6502.

L. 19.500

Cod. 505B ISBN 88-7056-104-6